はじめに

みなさん，こんにちは。

みなさんは，化学に対してどのようなイメージがありますか。

「覚えることが多そう」「化学式がよくわからない」「モルの計算が理解できない」など，ネガティブなイメージを持っている人も少なくないのではないでしょうか。

「ベーシックレベル化学基礎」は，そんなネガティブなイメージを払拭できる講座です。講義の中で基本的なことをしっかりと扱い，知っておくべきこと，考え方をしっかりと話しています。

まずは受講し，そのテーマが理解できたら，手を動かして問題を解いてみましょう。それを繰り返していくと，きっと化学に対するネガティブなイメージは消え，化学の問題が解けるようになっているはずです。

みなさんが化学を楽しんで学び，夢を叶えていくことができるよう応援しています。

坂田　薫

講義の受け方

受講対象

主に「化学基礎」を初めて学ぶ人

講座の構成

各 PART は「講義」「演習問題」「確認テスト」で構成されています。

- **講義**　　　　基本的な知識や重要事項を短い動画で学びます。
- **演習問題**　　短い動画を見て，講師と一緒に問題を解きましょう。
- **確認テスト**　授業で学んだ内容を，異なる問題で復習しましょう。

学習の流れ

- **予習**　基本的に不要です。
- **授業**　「講義」と「演習問題」の動画で学びましょう。
- **復習**　授業で学んだ内容を，確認テストで復習しましょう。

テキストの使い方

テキストは重要なところを穴埋め形式にしてあります。授業を受けながら，色ペンなどで埋めていき，復習の際にはそこを中心に確認していくとよいでしょう。

＜ Note ＞

目次

第1講 物質の成分と構成元素
PART1 物質の分類
PART2 物質の構成元素
PART3 元素の確認

第2講 混合物の分離
PART1 分離・精製
PART2 分離精製法

第3講 物質の三態
PART1 物質の三態と状態間の変化
PART2 粒子にはたらく力

第4講 原子の構造
PART1 原子の構造
PART2 同位体

第5講 原子の電子配置
PART1 原子の電子配置
PART2 電子式

第6講 イオン
PART1 イオン
PART2 イオンとエネルギー

第7講 周期表
PART1 元素の周期表
PART2 元素の周期性

第8講 イオン結合と結晶
PART1 電気陰性度と結合
PART2 イオン結合
PART3 イオン結晶

第9講 分子と共有結合
PART1 分子
PART2 分子の構造式と形
PART3 電気陰性度と極性
PART4 分子間にはたらく力と分子結晶

第10講 共有結合の結晶と高分子化合物
PART1 共有結合の結晶
PART2 配位結合と錯イオン
PART3 高分子化合物

第11講 金属・化学結合と物質の分類
PART1 金属結合と金属
PART2 化学結合と物質の分類

第12講 原子量・分子量・式量
PART1 原子量・分子量・式量

第13講 物質量
PART1 アボガドロ数と物質量
PART2 気体の体積と物質量
PART3 物質量の計算

第14講 溶液の濃度
PART1 溶液の濃度
PART2 濃度を使った計算の応用
PART3 濃度の計算

第15講 化学反応式

PART1 化学反応式

第16講 化学反応式と量的関係

PART1 化学反応式と量的関係

第17講 酸と塩基

PART1 酸と塩基の定義

PART2 酸と塩基の基本事項

第18講 水素イオン濃度とpH

PART1 水素イオン濃度と液性

PART2 pH

第19講 中和反応と塩

PART1 中和反応と化学反応式

PART2 塩

第20講 中和滴定

PART1 中和点での量的関係

PART2 中和滴定

第21講 酸化・還元

PART1 酸化・還元と酸化数

PART2 酸化剤・還元剤

第22講 酸化還元滴定

PART1 酸化還元反応式

PART2 酸化還元滴定

第23講 金属の酸化還元反応

PART1 金属の酸化還元反応①

PART2 金属の酸化還元反応②

第24講 酸化還元反応の応用

PART1 電池

PART2 金属の製錬

族 / 周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	族 / 周期
1	1 H 水素 1.01																	2 He ヘリウム 4.00	1
2	3 Li リチウム 6.94	4 Be ベリリウム 9.01											5 B ホウ素 10.8	6 C 炭素 12.0	7 N 窒素 14.0	8 O 酸素 16.0	9 F フッ素 19.0	10 Ne ネオン 20.2	2
3	11 Na ナトリウム 23.0	12 Mg マグネシウム 24.3											13 Al アルミニウム 27.0	14 Si ケイ素 28.1	15 P リン 31.0	16 S 硫黄 32.1	17 Cl 塩素 35.5	18 Ar アルゴン 39.9	3
4	19 K カリウム 39.1	20 Ca カルシウム 40.1	21 Sc スカンジウム 45.0	22 Ti チタン 47.9	23 V バナジウム 50.9	24 Cr クロム 52.0	25 Mn マンガン 54.9	26 Fe 鉄 55.8	27 Co コバルト 58.9	28 Ni ニッケル 58.7	29 Cu 銅 63.5	30 Zn 亜鉛 65.4	31 Ga ガリウム 69.7	32 Ge ゲルマニウム 72.6	33 As ヒ素 74.9	34 Se セレン 79.0	35 Br 臭素 79.9	36 Kr クリプトン 83.8	4
5	37 Rb ルビジウム 85.5	38 Sr ストロンチウム 87.6	39 Y イットリウム 88.9	40 Zr ジルコニウム 91.2	41 Nb ニオブ 92.9	42 Mo モリブデン 96.0	43 Tc テクネチウム (99)	44 Ru ルテニウム 101	45 Rh ロジウム 103	46 Pd パラジウム 106	47 Ag 銀 108	48 Cd カドミウム 112	49 In インジウム 115	50 Sn スズ 119	51 Sb アンチモン 122	52 Te テルル 128	53 I ヨウ素 127	54 Xe キセノン 131	5
6	55 Cs セシウム 133	56 Ba バリウム 137	57~71 ランタノイド	72 Hf ハフニウム 178	73 Ta タンタル 181	74 W タングステン 184	75 Re レニウム 186	76 Os オスミウム 190	77 Ir イリジウム 192	78 Pt 白金 195	79 Au 金 197	80 Hg 水銀 201	81 Tl タリウム 204	82 Pb 鉛 207	83 Bi ビスマス 209	84 Po ポロニウム (210)	85 At アスタチン (210)	86 Rn ラドン (222)	6
7	87 Fr フランシウム (223)	88 Ra ラジウム (226)	89~103 アクチノイド	104 Rf ラザホージウム (267)	105 Db ドブニウム (268)	106 Sg シーボーギウム (271)	107 Bh ボーリウム (272)	108 Hs ハッシウム (277)	109 Mt マイトネリウム (276)	110 Ds ダームスタチウム (281)	111 Rg レントゲニウム (280)	112 Cn コペルニシウム (285)	113 Nh ニホニウム (278)	114 Fl フレロビウム (289)	115 Mc モスコビウム (289)	116 Lv リバモリウム (293)	117 Ts テネシン (293)	118 Og オガネソン (294)	7
	アルカリ金属	アルカリ土類金属															ハロゲン	貴ガス	

遷移元素（他は典型元素）（3〜12族）

原子番号　元素記号
4 Be
元素名　ベリリウム
9.01　原子量

非金属元素
金属元素
くわしい性質は不明

[雲形] 単体が常温で気体
[三角形] 単体が常温で液体
[四角形] 単体が常温で固体

第 1 講　物質の成分と構成元素
PART1　物質の分類

目標
・物質を「単体」「化合物」「混合物」の 3 つに分類することができるようになろう。

Chapter1　純物質と混合物

要点
物質はすべて, 周期表に記載されている約 120 種類の元素の組み合わせでできている。また，物質は大きく 2 つに分類することができる。1 種類の物質からできている純物質，2 種類以上の物質が混ざっている混合物である。

●純物質と混合物を区別するときのポイント

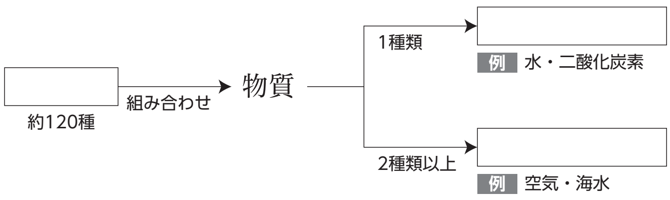
化学式で書こう。（化学式を書けるよう，ゆっくり練習していこう）

純物質→　1 つの化学式で表すことができる

例　水 H_2O・二酸化炭素 CO_2

混合物→　1 つの化学式で表すことができない

例　空気 $N_2 + O_2 + CO_2 + ・・・$



●純物質と混合物の違い

純物質→　沸点・融点・密度が一定

例　水（H_2O）沸点 100℃，融点 0℃，液体の密度 $1.0g/cm^3$

混合物→　沸点・融点・密度が一定の値をもたない

例　エタノール（沸点 78℃）と水（沸点 100℃）の混合物の沸点
エタノールの割合が大きいと沸点は 78℃に近づき，水の割合が大きいと沸点は 100℃に近づく。

Chapter2　単体と化合物

要点

純物質は次の 2 つに分類することができる。1 種類の元素からできている単体と，2 種類以上の元素からできている化合物である。

●単体と化合物を区別するときのポイント

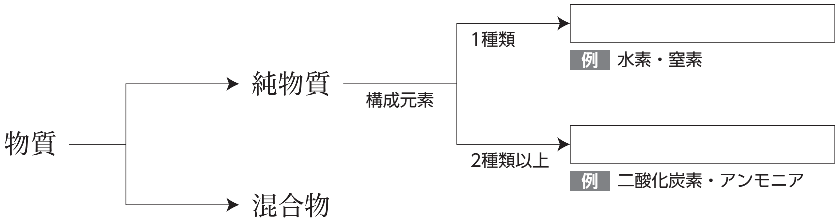
化学式で書こう。（化学式を書けるよう，ゆっくり練習していこう）

単体→　1 種類の元素で化学式を書くことができる

例　水素 H_2・窒素 N_2

化合物→　2 種類以上の元素で化学式を書くことができる

例　二酸化炭素 CO_2・アンモニア NH_3



Chapter3　演習問題

問　次の(1)~(5)の物質を「単体」「化合物」「混合物」に分類せよ。

(1)　ドライアイス　　(2)　水素　　(3)　海水

(4)　塩酸　　(5)　硝酸カリウム

第1講 PART1 確認問題

問1 わたしたちの身の回りは，さまざまな物質であふれているが，これらはすべて約（　ア　）種類の元素の組み合わせでできている。例えば，酸素，水などは 1 種類の物質だけからできていて，純物質という。純物質は，物質によって沸点や融点，（　イ　）が一定の値に決まっている。一方, 空気や食塩水などのように 2 種類以上の物質が混ざったものを混合物という。

純物質は，さらに次の二つに分類することができる。純物質のうち，1 種類の元素だけからできているものを単体といい，2 種類以上の元素からできているものを化合物という。例えば，水は酸素と水素からなる化合物である。

(1) 文章中の（　ア　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 20　② 120　③ 240　④ 600

(2) 文章中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 表面積　② 体積　③ 質量　④ 密度

問2 次の①～④のうちから，純物質を一つ選べ。

① 海水　② 二酸化炭素　③ 塩酸　④ 牛乳

問3 次の①～④のうちから，混合物を一つ選べ。

① 石油　② 塩化ナトリウム
③ アンモニア　④ ドライアイス

問4 純物質の化学式についての正しい記述を，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 1 つの化学式で表すことができる。
② 1 つの化学式で表すことができない。
③ 1 種類の元素で化学式を書くことができる。
④ 1 種類の元素で化学式を書くことができない。

問５　次の①～④のうちから，単体を一つ選べ。

①　アルミニウム　　②　エタノール

③　水酸化ナトリウム　　④　酸化銅

PART2 物質の構成元素

目標
・同素体とは何か，説明できるようになろう。
・元素と単体の違いを理解しよう。

Chapter1　同素体

多くの元素は，その単体が 1 種類のみしか存在しない。

例　窒素 N の単体は N_2 のみ

それに対して，**硫黄 S・炭素 C・酸素 O・リン P** には単体が 2 種類以上存在する。

例　酸素 O の単体には酸素 O_2 とオゾン O_3 がある

このように，同じ元素からなる単体どうしを互いに**同素体**という。

例　酸素 O_2 とオゾン O_3 は酸素 O の同素体

また，同素体は同じ元素から構成されていても，**性質がまったく異なる**。同素体の種類だけでなく，それぞれどのような性質があるのかをしっかり確認しておこう。

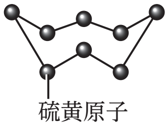
Chapter2　同素体の種類と特徴

・**硫黄（S）の同素体**

・斜方硫黄 S_8

常温で安定。加熱により単斜硫黄に変化。

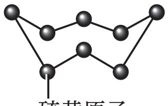
王冠型の分子。



・単斜硫黄 S_8

針状の結晶。

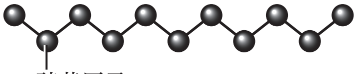
斜方硫黄と分子の形は同じだが，分子の並び方が異なる。



・ゴム状硫黄 S_x

黄色（不純物を含むと褐色になる）

弾力性がある。

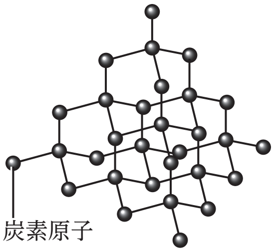


- **炭素（C）の同素体**

・ダイヤモンド C

無色透明。立体網目状構造。

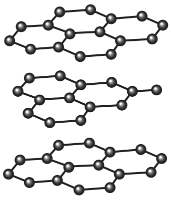
極めて硬い。



・黒鉛 (グラファイト) C

層状構造。層と層の間の結合は弱くはがれやすい。

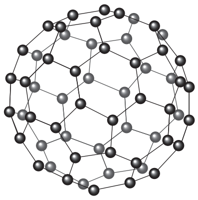
電気伝導性がある。



・フラーレン C_{60}

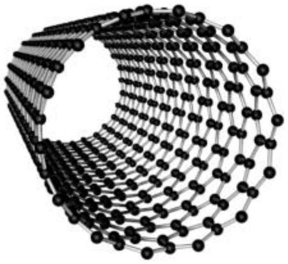
球状の分子。

C_{70} などもある。



・カーボンナノチューブ C

日本人博士により発見された筒状の分子。



- **酸素（O）の同素体**

・酸素 O_2

無色無臭の気体。

空気中の体積の約 21% を占める。

紫外線を照射したり，酸素中で放電したりすると，一部が同素体のオゾン O_3 に変化する。

・オゾン O_3

淡青色，特異臭の気体。

酸化力が強い。

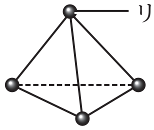
・**リン（P）の同素体**

・黄リン P_4

淡黄色の固体。正四面体型の分子。猛毒。

空気中で自然発火するため，水中保存。

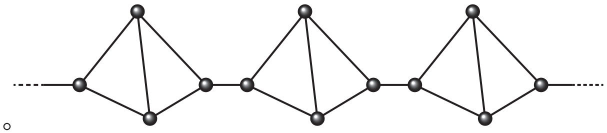
湿った暗所で光る（リン光）。



・赤リン P_x

赤褐色の固体。

マッチの側薬として利用されている。



まとめ

・同じ元素からなる単体　→　(　　　　　)

・同素体が存在する元素　→　(　　　　　)・(　　　　　)・(　　　　　)・(　　　　　)

・同素体どうしは性質が（　　　　　　）

Chapter3　元素名と単体名

要点

元素と単体は同じ名前でよばれることが多く，ぱっと見ではどちらのことを指しているのかわからない。

例　O(元素)も O_2(単体)も「酸素」とよぶ

元素と単体のどちらを指しているか，スムーズに判断できるよう，元素と単体の違いをしっかりと押さえよう。

・元素 → 物質の構成成分（物質を作っている 1 成分）

・単体 → 1 種類の元素からなる物質（物質として実在している）

●元素と単体を区別するときのポイント

単体は実在する物質なので，触ることができる。「触ることができるのか，できないのか」を判断の基準にする。

例１ 植物の生育には**カリウム**が必要だ。ここのカリウムは元素？それとも単体？

→ 植物に金属のカリウムを与える人はいない。
実在しているのはカリウムを含む肥料です。よって正解は（　　　　）。

例２ 空気の約 20％は**酸素**である。ここの酸素は元素？それとも単体？

→ 空気中に酸素は実在しており，感覚はないが，触ることができる。
よって，正解は（　　　　）。

Chapter4　演習問題

問　次の文章中の下線部は，元素と単体のどちらの意味か答えよ。

(1)　水を電気分解すると<u>水素</u>と<u>酸素</u>が生じる。

(2)　地殻の質量でもっとも多いのは<u>酸素</u>である。

第1講 PART2 確認問題

問 同じ元素からできており，性質が異なる単体どうしを互いに同素体という。同素体が存在する元素としては，硫黄，炭素，酸素，（ ア ）があげられる。例えば，(a)酸素Oの単体には酸素O_2とオゾンO_3があり，互いに同素体である。(b)酸素が無色・無臭の気体である一方，オゾンは（ イ ）色で特異臭のする気体となっている。ちなみに，(c)酸素は水を電気分解することで得ることができ，オゾンは(d)酸素中で放電したり紫外線を照射したりすることによって得ることができる。

(1) 文章中の（ ア ）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① フッ素　② リン　③ ホウ素　④ ケイ素

(2) 文章中の（ イ ）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 淡黄　② 赤褐　③ 黄緑　④ 淡青

(3) 炭素の同素体に**該当しないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

① フラーレン　② ダイヤモンド　③ 二酸化炭素　④ 黒鉛

(4) 硫黄の同素体には次の①～③が存在するが，このうち高温で安定なものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① 斜方硫黄　② 単斜硫黄　③ ゴム状硫黄

(5) 元素と単体は同じ名前で呼ばれることが多く，酸素もその一例である。文章中の下線部(a)～(d)の酸素には一つだけ他と使われ方が異なるものが存在する。それはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① (a)　② (b)　③ (c)　④ (d)

(6) 次の①～④の文章中の下線部のうち，単体として用いられているものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① 水は酸素と<u>水素</u>からできている。

② 骨や歯には<u>カルシウム</u>が多く含まれている。

③ 空気は<u>窒素</u>や酸素などで構成されている。

④ 地殻中には多くの<u>酸素</u>が含まれている。

PART3 元素の確認

目標　・与えられた実験結果から，その物質に含まれている構成元素を答えられるようになろう。

Chapter1　炎色反応

要点

水溶液に含まれている特定の金属元素を調べることができるのが，**炎色反応**である。特定の金属元素が含まれる水溶液を炎の中に入れると，その元素特有の色を示すため，その色から含まれる金属元素を特定できる。

例 炎色反応が黄色　→　含まれる元素はナトリウム Na

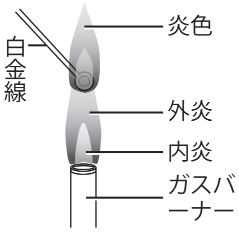
●炎色反応の操作

(1)　**白金線に何も付いていないことを確認するための操作**

白金線を塩酸で洗い，ガスバーナーの外炎にいれて炎の色に変化がないことを確認する。

(2)　**試料溶液 (調べたい水溶液) の炎色を確認する操作**

白金線を試料溶液につけたあと, ガスバーナーの外炎に入れ, 炎の色の変化を確認する。



●炎色反応の色

元素名	リチウム Li	ナトリウム Na	カリウム K	銅 Cu	カルシウム Ca	ストロンチウム Sr	バリウム Ba
色	赤	黄	赤紫	青緑	橙赤	紅	黄緑

《語呂合わせ》

リアカー 無 きK 村, 動 力 借 りよう と するも貸してくれない。馬 力 でいこう
Li 赤 Na 黄 K (赤)紫 Cu (青)緑 Ca 橙(赤) Sr 紅 Ba (黄)緑

まとめ

・炎色反応の色

リチウム Li（　　），ナトリウム Na（　　），カリウム K（　　），銅 Cu（　　）

カルシウム Ca（　　），ストロンチウム Sr（　　），バリウム Ba（　　）

Chapter2　沈殿反応による元素の検出

要点

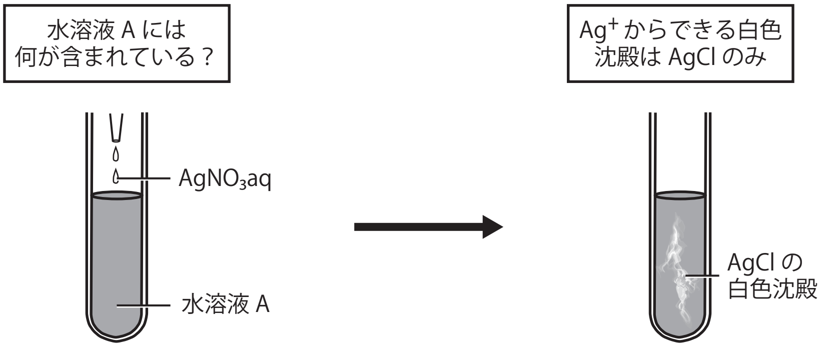
生成物として沈殿が生じる反応を**沈殿反応**という。

生じた沈殿の色などから，物質に含まれている元素を特定することができる。

●塩素Clの検出

硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液（以下 $AgNO_3aq$）を加えると白色沈殿が生じることで検出できる

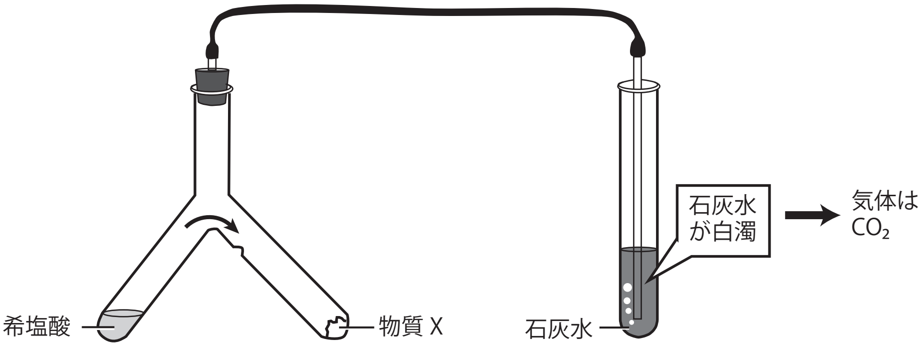
【理由】銀イオン Ag^+ から生じる白色沈殿は塩化銀 AgCl しかないため，塩素 Cl が含まれていることがわかる。



●炭素C・酸素Oの検出

調べたい物質に希塩酸を注ぎ，発生した気体を石灰水（水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ 水溶液）に通じると白色沈殿を生じることで検出できる。

【理由】石灰水に二酸化炭素 CO_2 を吹き込むと炭酸カルシウム $CaCO_3$ の沈殿が生じて白濁する。よって，発生した気体は二酸化炭素 CO_2 であり，物質には炭素 C と酸素 O が含まれていることがわかる。



Chapter3　水の生成による元素の検出

●水素H・酸素Oの検出

ある物質が反応して水 H_2O が生成したとき，物質には水素 H と酸素 O が含まれていることがわかる。

【生成物が水 H_2O だと特定する方法】　硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4$ を利用

生成物を白色の硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4$ に滴下し，それが青く変化することで水 H_2O だと特定できる。（白色の硫酸銅(Ⅱ) $CuSO_4$ が青色の硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ に変化するため。

Chapter4　演習問題

問　元素の確認方法について次の問いに答えよ。

(1)　白金線をある化合物の水溶液に浸し，バーナーの外炎に入れたところ，炎が橙赤色になった。ある化合物に含まれる元素を元素記号で答えよ。

(2)　ある水溶液に硝酸銀水溶液を加えたところ白濁した。ある水溶液に含まれていた元素を元素記号で答えよ。

< Note >

第1講　PART3　確認問題

問1　次の各問いに答えよ。

(1)　炎色反応で紅色を示す金属元素は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　バリウム　②　ストロンチウム
③　リチウム　④　カルシウム

(2)　カリウムを含む水溶液は炎色反応で何色を示すか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　赤紫　②　黄　③　黄緑　④　青緑

(3)　銅を含む水溶液は炎色反応で何色を示すか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　黄緑　②　橙赤　③　青緑　④　赤紫

問2　ある物質ａに希塩酸を注ぎ，発生した気体を石灰水に吹き込んだところ，白色沈殿が生じた。このことから，物質ａには元素として酸素と（　ア　）が含まれていることがわかる。また，ある物質ｂの反応で生成した液体を，白色の硫酸銅(Ⅱ)に滴下したところ，硫酸銅(Ⅱ)が青色に変化した。このことから，物質ｂには元素として酸素と（　イ　）が含まれていることがわかる。このように，物質に含まれる元素の検出には，沈殿反応や硫酸銅(Ⅱ)の色の変化などが利用できる。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　水素　②　塩素　③　窒素　④　炭素

(2)　文章中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　塩素　②　炭素　③　硫黄　④　水素

⑶　文章中の下線部の例として，硝酸銀水溶液を用いた方法も存在する。硝酸銀水溶液を加えた際，白色沈殿が生じることで検出できる元素は何か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　炭素　　②　硫黄　　③　塩素　　④　水素

第 2 講　混合物の分離

PART1　分離・精製

目標　・分離・精製とは何かを説明できるようになろう。

Chapter1　物質の分離や精製

要点

混合物（純物質が 2 種類以上混ざったもの）から純物質を取り出す方法に，**分離**や**精製**がある。

分離：物質の性質の違いを利用して，混合物から目的の物質を分ける操作

精製：不純物を取り除き，より純度の高い物質を得る操作

●分離精製法を判断するときのポイント

混合している物質の性質の違いに注目する。

まとめ

混合物から純物質を得る方法

（　　　　）→　混合物から目的の物質を分ける

（　　　　）→　不純物を取り除き，純度を高める

Chapter2　演習問題

問　次の文章の（　ア　）～（　ウ　）に当てはまる語句として最も適当なものを，以下の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

自然界に存在する物質のほとんどは，何種類かの物質が混ざり合ってできた（　ア　）である。

この（　ア　）から，物質の性質の違いを利用して目的の物質を取り出す方法を（　イ　）といい，そこからさらに不純物を取り除き，より純度の高い物質を得る操作を（　ウ　）という。

①　純物質　　②　混合物　　③　抽出　　④　分離　　⑤　精製

第 2 講　PART1　確認問題

問　混合物から純物質を取り出す方法には分離と精製がある。分離とは物質の性質の違いを利用して混合物から目的の物質を分ける操作であり，精製とは不純物を取り除き，より（　ア　）の高い物質を得る操作である。なお，分離精製法にはいくつかの種類があるが，どの方法を用いるかを判断する際には，混合している物質の性質の違いに注目することがポイントである。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　硬度　　②　密度　　③　純度　　④　輝度

(2)　純物質 A と純物質 B からなる混合物 X がある。この混合物から**純物質 A を分離するようす**を模式的に示したものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　混合物 X　—(分離)→　「主に純物質 A からなる物質」と「純物質 A と純物質 B からなる物質」

②　混合物 X　—(分離)→　「純物質 A と純物質 B からなる物質」と「主に純物質 B からなる物質」

③　混合物 X　—(分離)→　「純物質 A と純物質 B からなる物質」と「純物質 A と純物質 B からなる物質」

< Note >

PART2 分離精製法

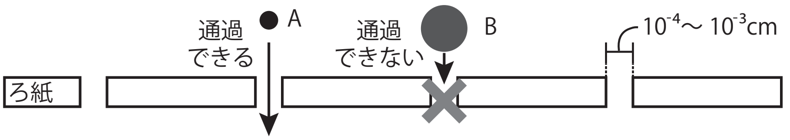
目標　・混合物の分離精製法とその装置を判断できるようになろう。

Chapter1　ろ過

要点

粒子の大きさの違いを利用した分離精製法を**ろ過**という。ろ過にはろ紙を使う。ろ紙には小さな穴がたくさんあり，その大きさは 10^{-4}～10^{-3}cm($\frac{1}{10000}$ ～ $\frac{1}{1000}$ cm) である。

ろ紙の穴より小さい物質 A と，ろ紙の穴より大きい物質 B の混合物があるとき，その混合物を水に溶かしてろ紙に通じると，A はろ紙を通過するが，B は通過できない。

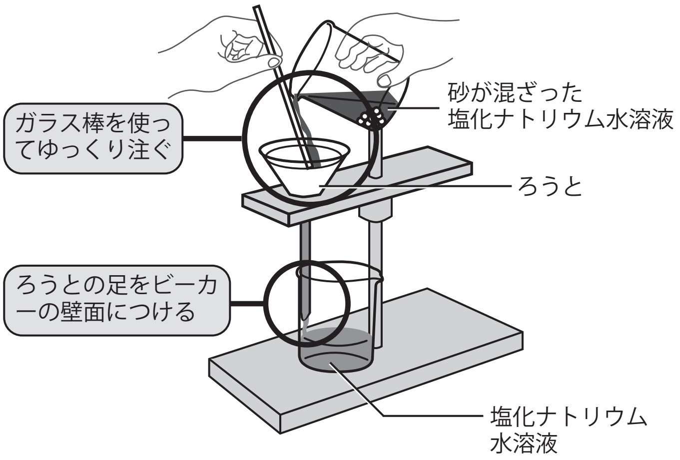


●実験装置（ろ過：砂が混じった塩化ナトリウム水溶液から，砂を取り除く実験）

注意点：

①溶液をろうとに注ぐときは，ガラス棒を使ってゆっくりと注ぐ。

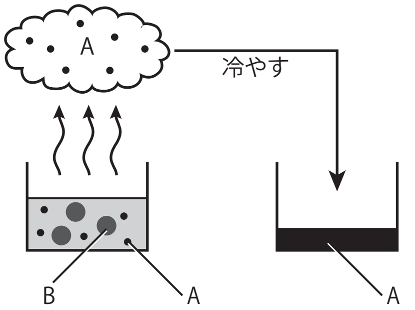
②ろうとのあしをビーカーの壁につける。



Chapter2　蒸留

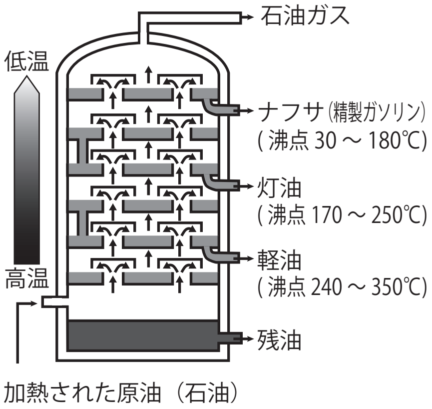
要点

沸点の違いを利用した分離精製法が**蒸留**である。沸点が比べて低い物質 A と，沸点が比べて高い物質 B の混合物があるとき，混合物を加熱していくと，物質 A が先に気体に変化して出ていく。
その蒸気を冷却して液体に戻すことで物質 A を取り出すことができる。



特に，2 種類以上の液体混合物を蒸留によって分離する操作を**分留**（**分別蒸留**）という。

例 原油 (石油) からガソリンや灯油などを取り出す。原油を加熱すると，ナフサ（沸点 30~180 ℃），灯油（沸点 170~250℃），軽油（沸点 240~350℃），と温度ごとに分かれて出てくる。



●実験装置（蒸留：海水から水だけを取り出す場合の実験）

注意点：

①溶液の量：フラスコの$\frac{1}{3}$~$\frac{1}{2}$にする

理由 沸騰により，溶液がフラスコの枝に入ってしまうのを防ぐため

②温度計の先端：フラスコの分枝部にする

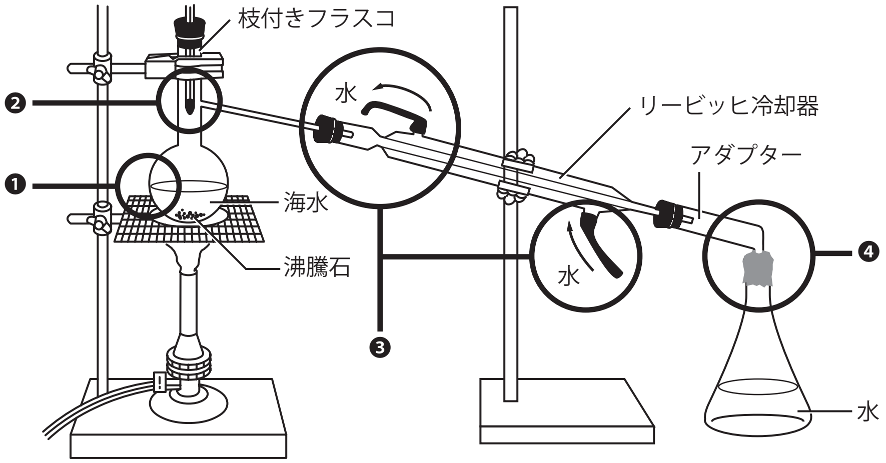
理由 蒸気の温度を測定するため

③リービッヒ冷却器の水：下から入れて上から出す

理由 冷却器の中を水で満たすため

④三角フラスコの栓：ゴム栓は NG。脱脂綿やアルミ箔で覆う程度にする

理由 装置内の圧力が高くなり，破損してしまうのを防ぐため

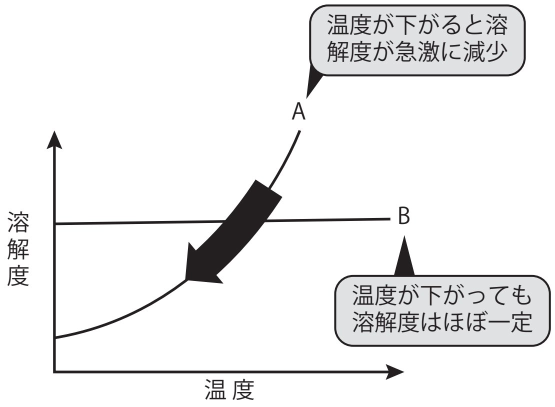


Chapter3　再結晶

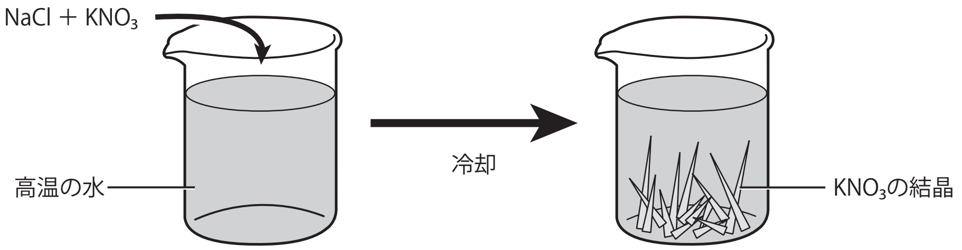
要点

温度による溶解度 (物質が 100g の水に溶ける量) の変化の違いを利用した分離精製法を**再結晶**という。

通常，固体の溶解度は温度が高いほど大きくなるが，その変化の度合いは物質ごとに異なる。温度を下げると溶解度が急激に小さくなる物質 A と，温度を下げても溶解度がほとんど変化しない物質 B の混合物があるとき, 混合物を高温の水に溶かし，徐々に冷却していくと，物質 A のみが析出し，物質 B は析出しないため, 分離することができる。



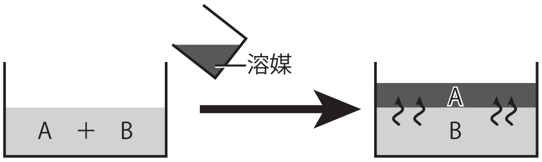
●実験装置（再結晶：少量の塩化ナトリウムが混ざった硝酸カリウムから硝酸カリウムを取り出す実験）



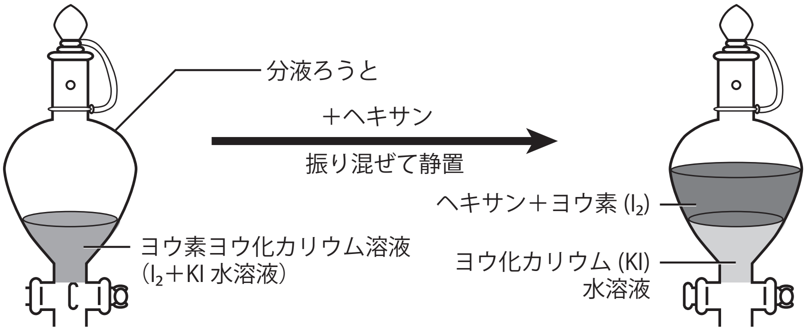
Chapter4　抽出

要点

溶媒に対する溶解度の違いを利用した分離精製法を**抽出**という。ある溶媒に溶解する物質 A と，溶解しない物質 B の混合物があるとき，この混合物をこの溶媒と接触させると，物質 A のみが溶媒中に溶解するため，分離することができる。



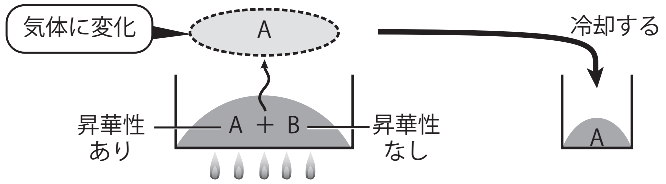
●実験装置（抽出：ヨウ素ヨウ化カリウム(ヨウ素＋ヨウ化カリウム)の水溶液からヨウ素を取り出す実験）



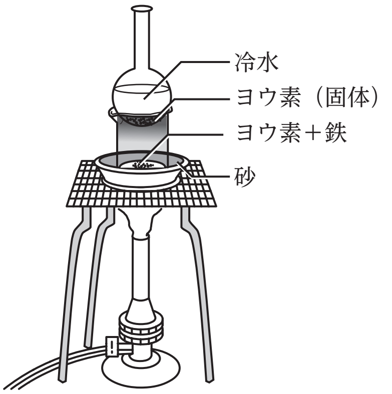
Chapter5　昇華法

要点

固体が直接気体に変化したり，気体が直接固体に変化したりすることを**昇華**という。昇華性をもつ物質にはヨウ素 I_2・ナフタレン $C_{10}H_8$・ドライアイス CO_2 などがある。昇華性の有無の違いを利用した分離精製法が**昇華法**である。昇華性をもつ物質 A と，昇華性をもたない物質 B の固体混合物があるとき，この混合物を加熱すると，物質 A のみ気体となって出ていく。この気体を冷却して固体に戻すことで分離することができる。



●実験装置（昇華法：ヨウ素と鉄の混合物からヨウ素を取り出す実験）

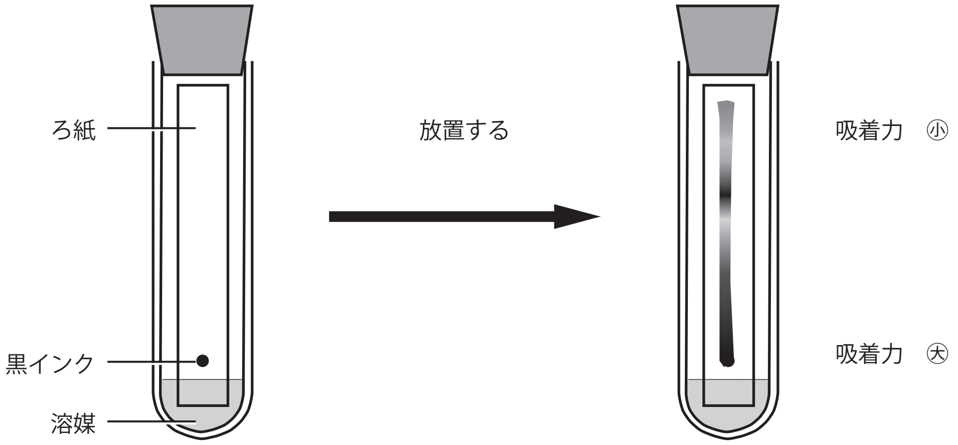


Chapter6　クロマトグラフィー

要点

吸着力の違いを利用した分離精製法を**クロマトグラフィー**という。代表的なものに，ろ紙を利用する**ペーパークロマトグラフィー**がある。
ろ紙への吸着力が小さい物質 A と，吸着力が大きい物質 B の混合物があるとする。この混合物をろ紙に付着させ，ろ紙の一端を適当な溶媒に浸すと，溶媒がろ紙に染み込んで上昇していく。物質 A は溶媒とともに速く上昇し，遠くまで移動するため分離することができる。

●実験装置（ペーパークロマトグラフィー：黒インクからさまざまな色素を取り出す実験）



まとめ

分離精製法

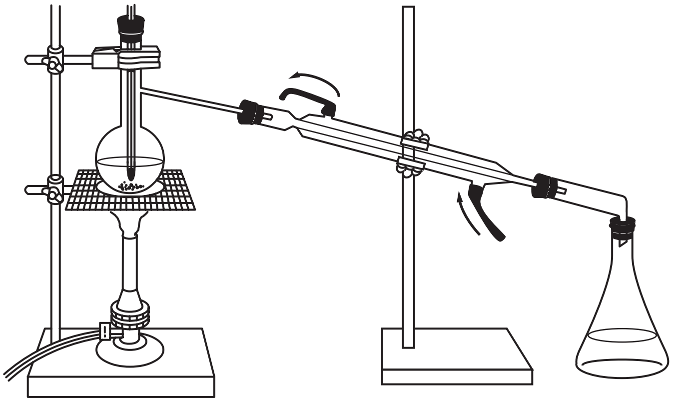
- 粒子の大きさの違いを利用する　→（　　　　　）
- 沸点の違いを利用する　→（　　　　　）
- 温度による溶解度の変化の違いを利用する　→（　　　　　）
- 溶媒に対する溶解度の違いを利用する　→（　　　　　）
- 昇華性の有無の違いを利用する　→（　　　　　）
- 吸着力の違いを利用する　→（　　　　　　　　　　　　）

Chapter7　演習問題

問　次の実験装置の中で，間違っている点をそれぞれ答えよ。ただし1つとは限らない。

(1)　ろ過

(2)　蒸留



第 2 講　PART2　確認問題

問　混合物の分離精製法には様々なものがあり，物質の性質の違いからどの方法を用いるかを判断する。例えば，少量の塩化ナトリウムが混ざった硝酸カリウムから硝酸カリウムを取り出す場合には，温度による溶解度の変化の違いを利用した（　ア　）を用いる。また，(a)海水から水を取り出す場合には，（　イ　）の違いを利用した蒸留を用い，(b)昇華性をもつ物質を分離する場合には昇華法を用いる。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ろ過　　②　クロマトグラフィー
③　分留　　④　再結晶

(2)　文章中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　融点　　②　沸点　　③　密度　　④　吸着力

(3)　文章中の下線部(a)について，海水から水を取り出す際の実験装置にはいくつかの注意点がある。その注意点として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　溶液の量はフラスコの$\frac{1}{3}$～$\frac{1}{2}$にする。
②　温度計の先端はフラスコの分枝部にする。
③　リービッヒ冷却器の水は下から入れて上から出す。
④　三角フラスコにはゴム栓をしておく。

(4)　文章中の下線部(b)について，昇華性をもつ物質として**あてはまらないもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ナフタレン　　②　ヨウ素　　③　ケイ素　　④　ドライアイス

(5) 次の①～④のうちから，分離精製法として抽出が最も適しているものを一つ選べ。

① 石油からガソリンや灯油などを取り出す。

② 砂が混じった塩化ナトリウム水溶液から砂を取り除く。

③ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液からヨウ素を取り出す。

④ 黒インクからさまざまな色素を取り出す。

第 3 講　物質の三態

PART1　物質の三態と状態間の変化

目標　・物質の状態変化と温度の関係をしっかりと理解しよう。

Chapter1　物質の三態

要点

世の中に存在する物質の状態は**固体**・**液体**・**気体**のいずれかであり，これを**物質の三態**という。

例　H_2O　氷 (固体)，水 (液体)，水蒸気 (気体)

また，三態の間での変化を**状態変化**という。

例　氷 (固体) が水 (液体) に変化，水蒸気 (気体) が水 (液体) に変化

状態変化において，物質の状態は変化するが，物質自体は変化しない。このような変化を**物理変化**という。

例　氷 (固体) が水 (液体) に変化しても化学式は H_2O のまま。すなわち物質が違う物質に変化したわけではない。

それに対して，物質が違う物質に変化することを**化学変化**という。

例　水 H_2O を電気分解すると水素 H_2 と酸素 O_2 に変化する。これは水が違う物質に変化しており，化学式が変化していることからも別の物質に変化していることがわかる。

まとめ

物質の三態は（　　　　　）・（　　　　　）・（　　　　　）。

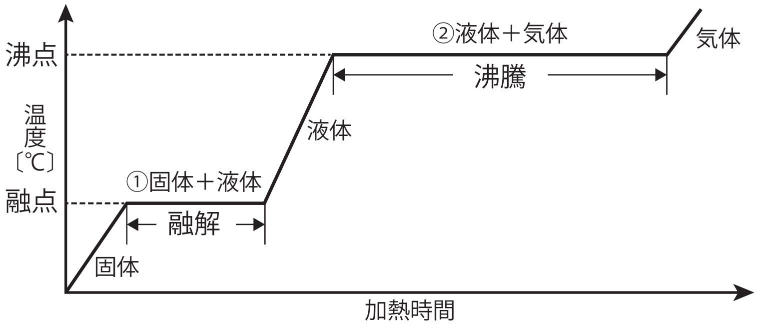
三態間での変化を（　　　　　　）という。

物質の状態が変化することを（　　　　　　　），物質自体が別の物質に変化することを（　　　　　　　）という。

Chapter2　状態変化と温度①

要点

固体に熱を加えていくと,「固体→液体→気体」と状態変化が起こる。**状態変化が起こっている最中は，加熱していても温度は上がらず一定に保たれる。**



●固体と液体の間の状態変化（「固体→液体」「液体→固体」）

固体に熱を与えると，固体の温度が上昇する。しかし，ある温度に達すると液体に変化し始め，温度が一定に保たれる。

このとき起こっている「固体から液体」への状態変化を**融解**, このときの温度を**融点**という。

例　氷を加熱していくと 0℃で水が生じ始める。(H_2O の融点は 0℃)

この逆の変化である「液体から固体」への状態変化を**凝固**といい，そのときの温度を**凝固点**という。融点と凝固点は同じ温度である。

例　H_2O の融点は 0℃，凝固点も 0℃

まとめ

固体が液体に変わる変化を（　　　　）といい, そのときの温度を（　　　　）という。その逆である，液体が固体に変わる変化を（　　　　）といい，そのときの温度を（　　　　）という。

Chapter3　状態変化と温度②

●液体と気体の間の状態変化（「液体→気体」「気体→液体」）

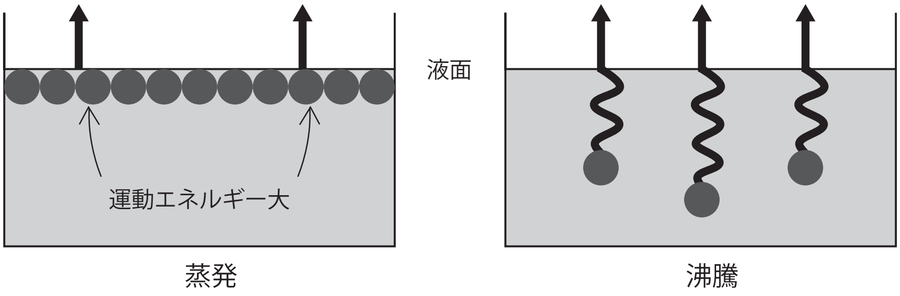
「液体から気体」への変化を**蒸発**という。物質によるが，蒸発は常温でも見ることができる。

例 机の上の水滴を放っておくと，いつの間にか無くなっている。

→水は常温でも蒸発しているため，放っておくと気体に変化し無くなる。

蒸発は**液体の表面で起こっている変化**である。

それに対して，液体を加熱していくと，液体の内部からも気体が発生して出ていく現象が起こる。これを**沸騰**といい，このときの温度を**沸点**という。沸騰が起こっている間は沸点で一定に保たれる。



この逆の変化である「気体から液体」への変化を**凝縮**という。

まとめ

液体が気体に変わる変化を（　　　　　）という。これは液体の表面で起こっている変化で，常温でも確認できる物質がある。

それに対して，液体の内部で気体が生じる変化を（　　　　　）といい，そのときの温度を（　　　　　）という。

また，気体から液体への変化を（　　　　　）という。

Chapter4　状態変化と温度③

●固体と気体の間の状態変化（「固体→気体」「気体→固体」）

「固体が直接気体になる変化」,「気体が直接固体になる変化」をともに**昇華**といいます。(「気体が直接固体になる変化」を**凝華**（ぎょうか）ということもあります)

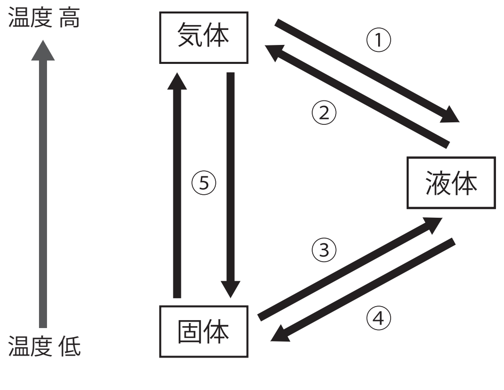
昇華性をもつ物質には，**ヨウ素・ドライアイス・ナフタレン**があります。

まとめ

固体が直接気体に変わる変化，気体が直接固体に変わる変化を（　　　　　）という。
昇華性をもつ物質には（　　　　　　　　）・（　　　　　　　　　　）・
（　　　　　　　　　）などがある。

Chapter5　演習問題

問　次の模式図は物質の状態変化を模式的にまとめたものである。①～⑤に適切な状態変化の名称を書き入れよ。



第3講 PART1 確認問題

問 世の中に存在する物質は固体・液体・気体のいずれかの状態をとっており，これを物質の三態といい，三態の間で起こる変化を状態変化という。その中でも（ ア ）に変わる変化を融解といい，そのときの温度を(a)融点という。また，液体内部で気体が生じる変化は（ イ ）と呼ばれ，固体が直接気体に，あるいは気体が直接固体に変わる変化は昇華と呼ばれる。これらの状態変化が起こっている最中は，温度は（ ウ ）。

このように，物質の状態は変化するが物質自体は変わらない変化を物理変化という。一方，物質が違う物質に変わる変化は(b)化学変化と呼ばれる。

(1) 文章中の（ ア ）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 固体が液体　② 液体が気体　③ 液体が固体　④ 気体が液体

(2) 文章中の下線部(a)について，融点と同じ温度で起こる状態変化として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 凝固　② 沸騰　③ 凝縮　④ 蒸発

(3) 文章中の（ イ ）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 凝縮　② 蒸発　③ 沸騰　④ 凝固

(4) 文章中の（ ウ ）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① 低下する　② 一定に保たれる　③ 上昇する

(5) 文章中の下線部(b)について，次の①～④のうちから化学変化に該当するものを一つ選べ。

① 水を冷やしたら氷になった。

② ドライアイスが二酸化炭素になった。

③ 水を加熱したら水蒸気になった。

④ 水を電気分解したら水素と酸素になった。

PART2 粒子にはたらく力

目標 ・粒子に働く力と物質の状態の関係をしっかりと理解しよう。

Chapter1　物質の状態を決める因子

●物質の状態を決める因子

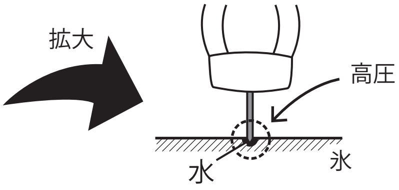
・**温度**

例 温度を上げると氷が水に変化。温度を下げると水蒸気が水に変化

・**圧力**

例 氷の上でスケート靴を履くとよく滑る

→スケート靴の刃と氷の接触面積は小さく，そこに人の体重がかかるため，刃の下の圧力はとても高くなる。



まとめ

・物質の状態を決める要因は（　　　　　）と（　　　　　）

Chapter2　粒子にはたらく力

●粒子間にはたらく2つの力

・**粒子間の引力による力**

…物質を構成している粒子と粒子の間には，お互いに引き合う力がはたらく

この引力は粒子の種類で決まるため，温度の影響は受けない

→温度が変化しても，粒子間の引力は変化しない

・**熱運動による力**

…粒子は温度に応じて運動をしている。これを**熱運動**という

温度が高くなると**熱運動のエネルギーが大きく**なり，熱運動が激しくなる

また，熱運動により粒子が広がっていくことを**拡散**という

例 部屋の中で匂いや煙が発生すると，部屋中に広がっていく

●粒子に働く力と物質の状態の関係

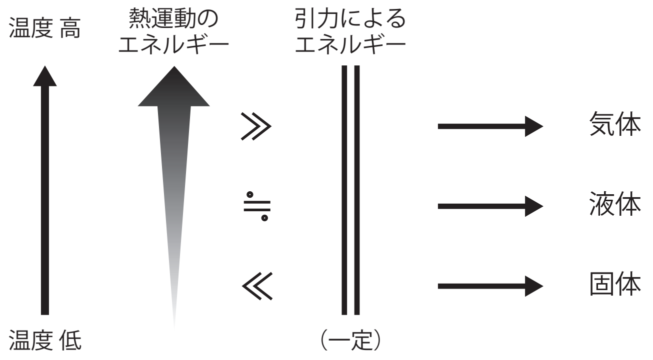
簡単に言うと…

- **粒子間の引力** …「くっつきたい　集まりたい」という力
- **熱運動による力** …「離れたい　バラバラになりたい」という力

２つの力は相反するので，**この２つの力の大小関係で物質の状態が決まる**

温度　状態	２つの力の関係	状態が決まる理由
高　気体	粒子間の引力≪熱運動による力	熱運動が激しくなり，粒子は引力を完全に振り切って自由に運動を始め，気体となる。
液体	粒子間の引力≒熱運動による力	温度が低いときに比べ，熱運動が激しくなる。これにより，粒子の一部は引力を振り切って動き始める。ある程度自由に動くようになるので液体となる。
低　固体	粒子間の引力≫熱運動による力	温度が低いと熱運動が穏やかになり，粒子同士は引力で引っ張られ固まり，固体となる。

まとめ



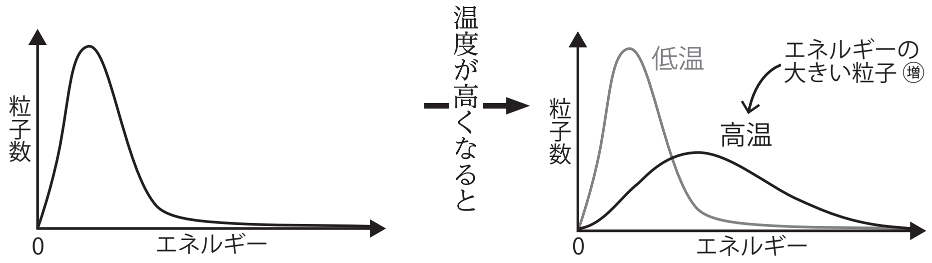
Chapter3　気体が運動する速さ　発展

●気体の運動エネルギー

粒子間の引力を完全に振り切って自由に運動している状態が気体である。これら気体の粒子は，同じ環境（同じ温度）に存在していても，運動のエネルギーはそれぞれ異なる。その理由は，粒子が熱運動で動き回り，衝突を繰り返しているからである。

例　粒子同士が正面衝突　→　一時的にエネルギーは低くなる（運動の速さは遅くなる）

●粒子の運動のグラフ



温度を高くすると，**運動する速さの大きい粒子の割合が増える**ため，右のようにグラフが変化する。

Chapter4　絶対温度　発展

気体の粒子を考えるときは，**絶対温度**（K）（ケルビン）を用いる。

セルシウス温度（℃）と絶対温度（K）の関係

絶対温度 T（K）＝セルシウス温度 t（℃）＋　273

また，0（K）＝－273（℃）は**絶対零度**といい，理論上，気体の熱運動が完全に停止する温度のことをいう。

Chapter5　演習問題　発展

問　次の温度を（　　）内の単位に変換せよ。

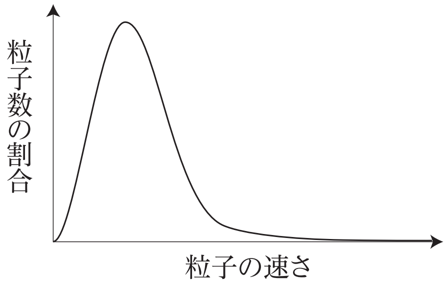
(1)　32℃ (K)　　　　(2)　300K（℃）

< Note >

第 3 講　PART2　確認問題

問　物質を構成する粒子には粒子間の引力と熱運動による力が働いている。温度が高いときには 2 力の大小関係が（　ア　）となり，物質は気体として存在することになる。気体の粒子は同じ温度下でも運動エネルギーがそれぞれ異なっており，(a)気体粒子の速さの分布をグラフで表すと右下のようになる。

また，気体の粒子を考える際は絶対温度（K）を用いることが多く，セルシウス温度が 25℃であれば，絶対温度は（　イ　）K となる。(b)絶対零度と呼ばれる温度では，気体の熱運動が完全に停止する。



⑴　文章中の（　ア　）にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

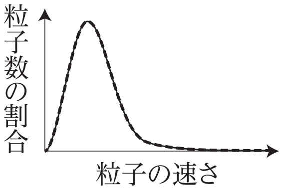
①　粒子間の引力 ≫ 熱運動による力　　②　粒子間の引力 ≒ 熱運動による力
③　粒子間の引力 ≪ 熱運動による力

⑵　文章中の（　イ　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

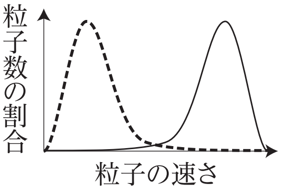
①　198　　②　262　　③　298　　④　398

(3) 文章中の下線部(a)について，温度を高くするとどのようなグラフになるか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。なお，破線は温度変化前のグラフを表している。

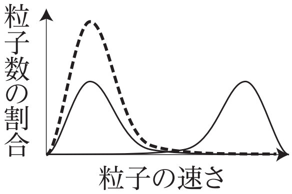
a



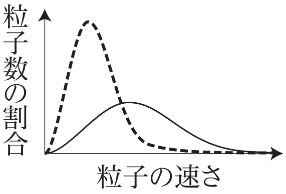
b



c



d



①　a　　②　b　　③　c　　④　d

(4) 文章中の下線部(b)について，絶対零度におけるセルシウス温度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　− 273 ℃　　②　− 237 ℃　　③　237 ℃　　④　273 ℃

第4講　原子の構造

PART1　原子の構造

目標　・原子の構造をしっかりと頭に入れよう。

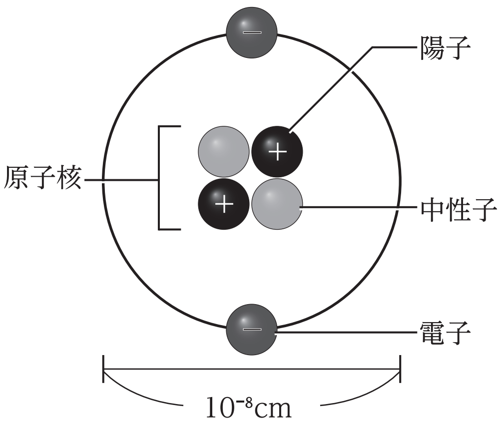
Chapter1　原子の大きさと構造

要点

原子は直径約 10^{-8}cm（1cm の 1 億分の 1）の非常に小さな粒子である。

原子は中心に**原子核**があり，その周りに**電子**が分布している。

また，原子核は**陽子**と**中性子**から構成されている。



原子核の大きさは原子の大きさの 10 万分の 1 ～ 1 万分の 1 程度である（約 10^{-13} ～ 10^{-12}cm）。

これは，一般的な野球場（原子）に対する一円玉（原子核）の大きさに相当する。原子は，一つの塊になっているのではなく，実は空洞になっている。

●陽子

原子核に存在する**正電荷**※1 **をもつ**，1 個あたり 1.673×10^{-24} g の粒子。

●中性子

原子核に存在する**電荷をもたない**，1 個あたり 1.675×10^{-24} g の粒子。

●電子

原子核の周りに分布しており，**負電荷をもつ**，1 個あたり 9.109×10^{-28} g※2 の粒子。

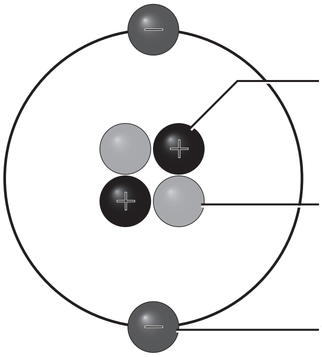
※1　電荷：粒子がもつ電気量のこと

※2　陽子や中性子の質量の約 $\frac{1}{1840}$

まとめ

原子の直径は約（　　　　）cm と非常に小さい。原子は，プラスの電荷をもつ（　　　　）と，電荷をもたない（　　　　），そしてマイナスの電荷をもつ（　　　　）から構成されている。この 3 つの質量比は 1 ： 1 ：（　　　　）である。

陽子 1 個，電子 1 個の電荷の絶対値は，ともに 1.602×10^{-19} C（クーロン）であり，これを**電気素量**という。ただし，この数値は扱いにくいため，**通常は陽子の電荷を＋ 1，電子の電荷を － 1** とする。



	質量	質量比	電荷
陽子	1.673×10^{-24}g	1	＋1
中性子	1.675×10^{-24}g	1	±0
電子	9.109×10^{-28}g	$\frac{1}{1840}$	－1

Chapter2　原子番号と質量数

●化学的性質を決めるパーツ

原子の化学的な性質を決めるのは**陽子**である。陽子の数により，電子の数も決まる。

例 原子核に陽子が 2 個　→　引き寄せられて電子が 2 個やってくる

このように，**陽子の数により電子の数も決まる**ため，陽子の数を**原子番号**として扱う。周期表の元素は原子番号順，すなわち陽子の数の順に並ぶ。

●物理的性質を決めるパーツ

原子の物理的な性質を決めるのは，**陽子**と**中性子**である。

陽子，中性子，電子の質量比が約 $1 : 1 : \frac{1}{1840}$ なので，原子全体の質量は，ほぼ陽子と中性子の合計質量と一致する。

（陽子と中性子が 1 万円なら，電子は 5 円に相当する。2 万 5 円はだいたい約 2 万円）

原子を実際の質量で表すとわかりにくいため，陽子と中性子の合計数を「原子の質量の代わりになる数値」すなわち**質量数**として扱う。

例 原子核に陽子 2 個と中性子 2 個があるとき

実際の質量は　$(1.673 \times 10^{-24} \times 2 + 1.675 \times 10^{-24} \times 2)$ g　←扱いにくい

質量数は「陽子と中性子合計 4 個分」つまり「質量数 4」　←扱いやすい

まとめ

原子番号は（　　　　）の数

質量数は（　　　　）と（　　　　）の合計数

Chapter3　原子番号と質量数の表記

原子番号と質量数はとても大切な数値であるため，元素記号の横に表記する。

原子番号は左下，質量数は左上に記載する。

質量数 → 4
原子番号 → 2

$$^{4}_{2}\mathrm{He}$$

ただし，原子番号 2 番のヘリウム He は，多くの場合は質量数のみを表記し「ヘリウム 4」とよぶ。

また，質量数（陽子の数＋中性子の数）から陽子の数をひくと，中性子の数を求めることができる。

例　^{4}He に存在する中性子の数は，　4 − 2 ＝ 2

まとめ

元素記号の左上に（　　　　　　），左下に（　　　　　　）を表記する。

Chapter4　演習問題

問　次の原子の中性子の数を答えよ。

(1)　^{14}C　　　(2)　^{16}O

第 4 講　PART1　確認問題

問　原子は直径約（　ア　）cm の非常に小さな粒子であり，原子核を中心に電子が周りを取り巻いた状態となっている。原子核は正電荷をもつ陽子と電荷をもたない中性子から構成されており，電子は負電荷をもつ粒子である。

陽子や中性子の質量は電子の質量の約（　イ　）倍となっていることから，原子全体の質量は陽子と中性子の合計質量とほぼ一致する。そのため，陽子と中性子の合計数を質量数として扱う。一方，陽子の数により電子の数も決まるため，陽子の数を原子番号として扱い，元素記号の（　ウ　）に原子番号を表記する。周期表では原子番号の順に元素が並べられている。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　10^{-7}　②　10^{-8}　③　10^{-9}　④　10^{-10}

(2)　文章中の（　イ　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　184　②　1840　③　3680　④　18400

(3)　文章中の下線部について，電子の数は陽子の数とどのような関係にあるか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

①　陽子の数の 3 倍　②　陽子の数の 2 倍
③　陽子の数と同じ　④　陽子の数の半分

(4)　文章中の（　ウ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　左下　②　左上　③　右下　④　右上

(5)　原子番号 16 の元素として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　C　②　O　③　Si　④　S

(6) ^{7}Li の中性子の数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 3　② 4　③ 7　④ 14

PART2 同位体

目標
・同位体とは何か説明できるようになろう。
・放射性同位体とは何か説明できるようになろう。

Chapter1　同位体

●物質の状態を決める因子

要点

多くの元素には，**原子番号が同じで質量数の異なる原子**，すなわち**陽子数が同じで中性子数が異なる原子**が存在する。これを**同位体（アイソトープ）**という。

例　^{1}H と ^{2}H

同位体は自然界でほぼ一定の割合で混ざって存在している。

まとめ

原子番号が同じで質量数が異なる原子を（　　　　　）といい，自然界にはほぼ一定の割合で混ざって存在している。

Chapter2　放射性同位体

要点

同位体の中には，原子核が不安定なため，**放射線を出しながら壊れて他の原子に変化する**ものがある。これを**放射性同位体（ラジオアイソトープ）**という。

また，放射線を放出する性質を**放射能**，放射性同位体が壊れて半分の量になるまでにかかる時間を**半減期**という。

例　炭素の同位体　^{12}C，^{13}C，^{14}C のうち，^{14}C が放射性同位体（半減期 5730 年）

●炭素14年代測定法

放射性同位体 ^{14}C を利用した，化石の年代測定などがおこなわれている。

<u>**生物が生きているとき**</u>

大気中には ^{14}C が一定の割合で存在している。この大気中の ^{14}C をまず植物が光合成によって体内に取り入れる。その植物を食べた動物がさらに ^{14}C を体内に取り入れる。そのため，**生体内にも ^{14}C が一定の割合で**（ここでは1とする）**含まれている。**

<u>**生物が死んだとき**</u>

動物が死ぬと食べ物を食べなくなるため，新しく ^{14}C を体内に取り入れることができなくなる。そのため生体内の ^{14}C は死んだ直後から徐々に壊れ，減少し始める。^{14}C の半減期は5730年であり，5730年経つたびに生体内の ^{14}C は生きていた時の半分（$\frac{1}{2}$）になる。

これを利用し，化石に含まれている ^{14}C の量からその生物が生きていた年代を推定することができる。

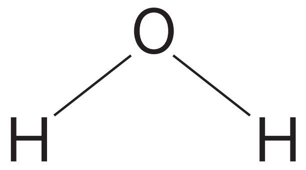
例 ある化石に含まれている ^{14}C が生存時の $\frac{1}{8}$ の量であったとき，その化石は死後，半減期3回分（$\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{8}$）が経過していることになる。
よって，$5730 \times 3 = 17190$ 年前に死んだことになる。

まとめ

・同位体のなかで，放射線を出しながら壊れるものを（　　　　　　　　）という。
また，壊れて半分の量になるまでにかかる時間を（　　　　　）という。

Chapter3　演習問題

問　天然の水素には ^{1}H，^{2}H の2種類の安定な同位体が，天然の酸素には ^{16}O，^{17}O，^{18}O の3種類の安定な同位体がそれぞれ存在する。このとき，天然に存在する H_2O 分子は，同位体の組み合わせに基づくと何種類存在すると考えられるか。
ただし，水分子は下図のような折れ線形の構造をもつ。



第 4 講　PART2　確認問題

問　同位体（アイソトープ）とは，(a)原子番号が同じで質量数が異なる原子のことをいい，自然界にはほぼ一定の割合で存在している。同位体の中には，放射線を出しながら壊れて他の原子に変化するものがあり，これを放射性同位体（ラジオアイソトープ）という。放射性同位体の例としては，炭素の同位体 ^{14}C があげられ，(b)^{14}Cは化石の年代測定などに利用されている。

(1)　文章中の下線部(a)について，原子番号が同じで質量数が異なることの説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　中性子の数が同じで陽子の数が異なる。

②　陽子の数が同じで中性子の数が異なる。

③　陽子の数が同じで電子の数が異なる。

④　電子の数が同じで中性子の数が異なる。

(2)　文章中の下線部(b)について，ある化石の ^{14}C の量を測定したところ，死後 22920 年のものであることが推定された。この化石に含まれる ^{14}C の量は生存時の何倍であることが予想されるか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，^{14}C の半減期は 5730 年とする。

①　$\frac{1}{2}$　②　$\frac{1}{4}$　③　$\frac{1}{8}$　④　$\frac{1}{16}$

(3)　天然の酸素には ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O の 3 種類の安定な同位体が存在する。このとき，天然に存在する O_2 分子は，同位体の組み合わせに基づくと何種類存在すると考えられるか。最も適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

①　3　②　5　③　6　④　9

< Note >

第5講　原子の電子配置

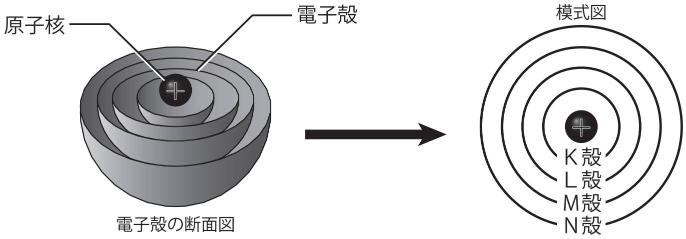
PART1　原子の電子配置

目標　・原子の電子配置をスラスラ書けるようになろう。

Chapter1　電子殻

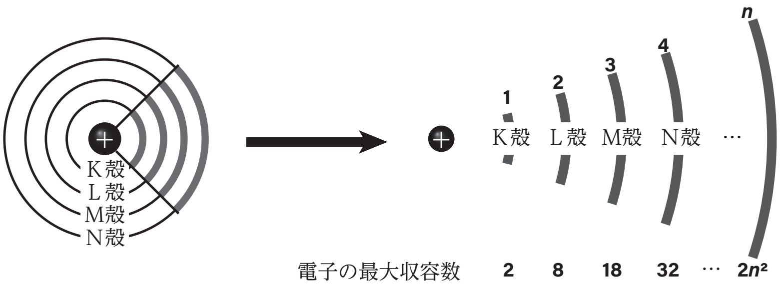
●電子殻

原子核の周りを取り巻く電子が存在できる空間。内側から順にK殻，L殻，M殻，N殻…とよぶ。次の図のように，電子殻は空間的に広がっているが，ここからは平面的に表した模式図で考える。



●最大収容数

K殻から順に $n=1$，2，3…と番号をつけると，n 番目の電子殻には**最大で $2n^2$ 個**の電子が収容される。



まとめ

・電子が収容される場所を（　　　　　）といい，内側から（　　）殻，（　　）殻，（　　）殻…とよぶ。

内側から n 番目の電子殻の最大収容数は（　　　）個である。

Chapter2　電子配置

要点

電子配置

電子殻への電子の入り方のこと。各電子殻に入った電子の数は次のように表す。

例　K殻に2個，L殻に1個，電子が入っている場合　→　K^2L^1

●電子殻に電子が入るときのきまり

・K殻から順に入る

・最大収容数が入った状態を**閉殻**という（非常に安定）

例　K殻に2個入った状態（K^2）

・M殻以降は，8個入ると次の殻へ入る。8個入った状態を**オクテット**という（非常に安定）

例　20個の電子が入るとき　→　$K^2L^8M^8N^2$

（M殻の最大収容数は18だが，オクテットになると次の電子はN殻に入ることに注意）

また，電子配置において，最外殻に入っている電子を**最外殻電子**という。**最外殻電子の数は8を超えることはない。**

原子番号	原子	電子配置
1	$_1H$	K^1
2	$_2He$	K^2
3	$_3Li$	K^2L^1
4	$_4Be$	K^2L^2
5	$_5B$	K^2L^3
6	$_6C$	K^2L^4
7	$_7N$	K^2L^5
8	$_8O$	K^2L^6
9	$_9F$	K^2L^7
10	$_{10}Ne$	K^2L^8

原子番号	原子	電子配置
11	$_{11}Na$	$K^2L^8M^1$
12	$_{12}Mg$	$K^2L^8M^2$
13	$_{13}Al$	$K^2L^8M^3$
14	$_{14}Si$	$K^2L^8M^4$
15	$_{15}P$	$K^2L^8M^5$
16	$_{16}S$	$K^2L^8M^6$
17	$_{17}Cl$	$K^2L^8M^7$
18	$_{18}Ar$	$K^2L^8M^8$
19	$_{19}K$	$K^2L^8M^8N^1$
20	$_{20}Ca$	$K^2L^8M^8N^2$

まとめ

電子の電子殻への入り方を（　　　　　　　　）という。電子が電子殻に最大収容数$2n^2$個入った状態を（　　　　　）といい，非常に安定である。

M殻の最大収容数は18であるが，電子が8個入ると次の電子はL殻に入る。この8個入った状態を（　　　　　　　　　　）という。

Chapter3　電子配置からわかること

・電子殻の数が，周期表の周期（周期表の横の行）と一致する

例　アルミニウム $_{13}Al$ の電子配置は $K^2L^8M^3$

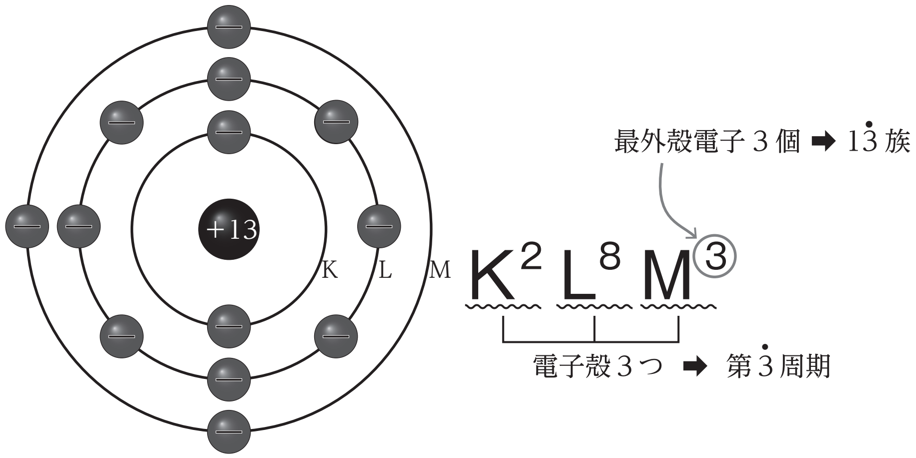
電子殻が３つ（K・L・M）で，アルミニウムは周期表の第３周期に存在する。

・最外殻電子の数が，周期表の族（周期表の縦の列）の下一桁と一致する

例　アルミニウム $_{13}Al$ の電子配置は $K^2L^8M^3$

アルミニウムの最外殻電子の数は３で，周期表の13族に存在する。

Al（アルミニウム）



Chapter4　価電子

要点

価電子

結合に関わる電子のこと。基本的に最外殻電子と一致する。

例 アルミニウム $_{13}$Al の電子配置は $K^2L^8M^3$

→最外殻電子 3 個，価電子も 3 個

●貴ガス（希ガス）の電子配置

周期表 18 族の元素を**貴ガス（希ガス）**という。

貴ガス（希ガス）は原子のままで安定なため，他の原子と結合したり反応したりしない。そのため**不活性ガス**ともいわれる。**貴ガス（希ガス）の価電子の数は 0 であり，最外殻電子の数と一致しない**ことに注意する。

例 ネオン $_{10}$Ne の電子配置は K^2L^8

まとめ

結合に関与する電子を（　　　　　）といい，基本的に最外殻電子の数と一致する。ただし，貴ガス（希ガス）は結合しないため，価電子の数は（　　）であり，最外殻電子の数と一致しないことに注意が必要。

Chapter5　演習問題

問　次の原子の電子配置をこれまでに学んだ方法でそれぞれ書け。また価電子の数はいくつになるか，それぞれ答えよ。

(1)　O（酸素）

(2)　K（カリウム）

(3)　Ar（アルゴン）

第 5 講　PART1　確認問題

問　原子核の周りにある電子が収容される空間を電子殻という。電子殻は内側から順にK殻，L殻，M殻，N殻，…とよばれ，電子はK殻から順に入るようになっている。内側から n 番目の電子殻には最大で（　ア　）個の電子が収容されるようになっており，最大収容数の電子が入った状態を閉殻という。

M殻については収容数が最大に満たない場合でも，（　イ　）個の電子が入ると次の電子はN殻に入るようになっている。この（　イ　）個の電子が入った状態をオクテットという。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　n^2　　②　$2n^2$　　③　n^3　　④　$2n^3$

(2)　文章中の下線部について，次の①～④のうちから閉殻である原子を一つ選べ。

①　フッ素　　②　ネオン　　③　アルゴン　　④　カルシウム

(3)　文章中の（　イ　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　8　　②　10　　③　14　　④　18

(4)　次の①～④のうち，価電子の数が最も多い原子はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　酸素　　②　ナトリウム　　③　塩素　　④　アルゴン

(5)　硫黄の電子配置として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。なお，電子配置の表し方の例として，リチウムの場合は「K^2L^1」のように表される。

①　K^2L^6　　②　$K^2L^8M^2$　　③　$K^2L^8M^6$　　④　$K^2L^8M^8$

(6) 電子配置が $K^2L^8M^4$ と表される原子として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① マグネシウム　② カルシウム　③ ベリリウム　④ ケイ素

PART2 電子式

目標　・電子式をスラスラ書けるようになろう。

Chapter1　電子式

要点

電子式

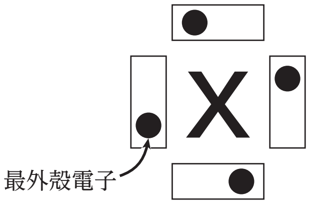
最外殻電子を元素記号の周りに「・」の記号で表記したもの。

例

●電子式の書き方

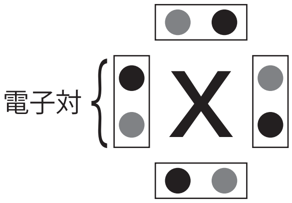
電子式は，**最外殻電子を元素記号の上下左右に 1 個ずつ分けて表記**します。

(1)　1 ～ 4 個目　→　上下左右バラバラに書く（書く順番は問わない）。

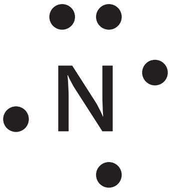


例 アルミニウム Al（13 族なので最外殻電子は 3 個）

(2)　5 ～ 7 個目　→　上下左右に配置し，電子を 2 個ずつペアにする（書く順番は問わない）。



例 窒素 N（15 族なので最外殻電子は 5 個）



Chapter2　原子価

要点

不対電子

電子式で表記したときに対になっていない電子

電子対

電子式で表記したときに対になった電子

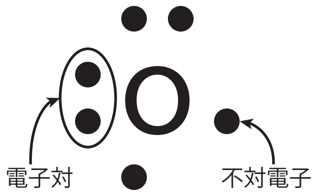
原子価

原子がもつ結合の手の数。不対電子の数と同じ。

原子は，不対電子を対にするために結合する。すなわち「不対電子の数＝結合の手の数」となり，これを原子価という。

例　酸素 O（16 族）の原子価

電子式より不対電子が 2 つ。よって原子価 2。



まとめ

電子式で表記したときに，対になっていない電子 →（　　　　　　　）

原子がもつ結合の手の数 →（　　　　　　）

Chapter3　演習問題

問　次の原子の電子式を書け。またそれぞれの原子価を答えよ。

⑴ 水素

⑵ 炭素

⑶ ホウ素

< Note >

第５講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　炭素の電子式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

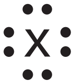
a　　b　　c　　d

①　a　　②　b　　③　c　　④　d

(2)　次の①～④のうち，原子価が最も多い原子はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　塩素　　②　ケイ素　　③　リン　　④　酸素

(3)　ある原子 X は下のような電子式で表記される。X に該当する原子として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。



①　Ca　　②　He　　③　S　　④　Ne

(4)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　原子価は不対電子の数と同じである。

②　アルミニウム原子よりも窒素原子の方が不対電子の数が多い。

③　同じ族の典型元素は原子価が同じである。

④　アルゴンには不対電子がない。

< Note >

第 6 講　イオン

PART1　イオン

目標　・イオンの化学式と名称を書けるようになろう。

Chapter1　イオン

要点

イオン

最外殻の電子を放出したり受け取ったりして，貴ガス（希ガス）と同じ電子配置になったもの。

電子の数が変化しているため，陽子の数と電子の数が一致せず電荷をもつ。

陽イオン

電子を放出し「陽子の数＞電子の数」となり，正に帯電したもの。

電子を放出して陽イオンになる性質を**陽性**という。

一般的に陽イオンになりやすいのは価電子数が少ない（1 ～ 3 個）原子である。

陰イオン

電子を受け取り「陽子の数＜電子の数」となり，負に帯電したもの。

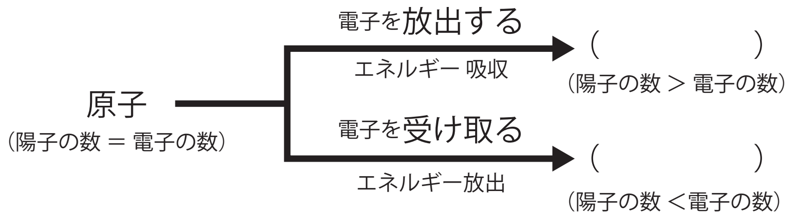
電子を受け取って陰イオンになる性質を**陰性**という。

一般的に陰イオンになりやすいのは価電子数が多い（6，7 個）原子である。

価数

放出したり受け取ったりした電子の数

まとめ



Chapter2　イオンの種類と名称

要点

イオン式

イオンの価数を元素記号の右上に表記したもの。(通常「1+」の「1」は省略)

例　ナトリウムイオン Na^{+}　カルシウムイオン Ca^{2+}

陽イオン

陽イオンの名前は「**元素名＋イオン**」で作ることができる。

例　Na^{+} ナトリウムイオン　　Ca^{2+} カルシウムイオン

陰イオン

陰イオンの名前は「**元素名の一部＋化物イオン**」で作ることができる。

例　F^{-} フッ化物イオン　　S^{2-} 硫化物イオン

まとめ

価電子の数が少ない原子は（　　　）イオンになりやすく，価電子の数が多い原子は（　　　）イオンになりやすい。

●代表的なイオン

要点

単原子イオン

1 種類の原子からなるイオン。

例　H^{+}，Mg^{2+}，Cl^{-}，O^{2-}

多原子イオン

2 種類以上の原子からなるイオン。

例　SO_4^{2-}，PO_4^{3-}

まとめ

1 種類の原子からなるイオンを（　　　　　）イオン，2 種類以上の原子からなるイオンを（　　　　　）イオンという。

次の表にある代表的なイオンは「**イオン名からイオン式が書ける**」,「**イオン式からイオン名がいえる**」ように練習しよう。

	陽イオン 「元素名＋イオン」		**陰イオン** 「元素名の一部＋化物イオン」	
価数	**イオン式**	**名称**	**イオン式**	**名称**
1価	H^{+} Li^{+} Na^{+} K^{+} Cu^{+} Ag^{+} NH_4^{+} H_3O^{+}	水素イオン リチウムイオン ナトリウムイオン カリウムイオン 銅（Ⅰ）イオン 銀イオン アンモニウムイオン オキソニウムイオン	F^{-} Cl^{-} Br^{-} I^{-} OH^{-} NO_3^{-} CN^{-} CH_3COO^{-} HCO_3^{-}	フッ化物イオン 塩化物イオン 臭化物イオン ヨウ化物イオン 水酸化物イオン 硝酸イオン シアン化物イオン 酢酸イオン 炭酸水素イオン
2価	Mg^{2+} Ca^{2+} Ba^{2+} Zn^{2+} Sn^{2+} Pb^{2+} Mn^{2+} Fe^{2+} Cu^{2+}	マグネシウムイオン カルシウムイオン バリウムイオン 亜鉛イオン スズ（Ⅱ）イオン 鉛（Ⅱ）イオン マンガン（Ⅱ）イオン 鉄（Ⅱ）イオン 銅（Ⅱ）イオン	O^{2-} S^{2-} CO_3^{2-} SO_4^{2-} SO_3^{2-}	酸化物イオン 硫化物イオン 炭酸イオン 硫酸イオン 亜硫酸イオン
3価	Al^{3+} Cr^{3+} Fe^{3+}	アルミニウムイオン クロム（Ⅲ）イオン 鉄（Ⅲ）イオン	PO_4^{3-}	リン酸イオン

Chapter3　演習問題

問　(1)〜(4)に書かれているイオンの名称を，イオン式で表すとそれぞれどのようになるか。

(1) アンモニウムイオン

(2) 塩化物イオン

(3) 硝酸イオン

(4) 酢酸イオン

第 6 講　PART1　確認問題

問　最外殻の電子を放出したり受け取ったりして，（　ア　）と同じ電子配置になったものをイオンという。イオンには(a)正の電荷をもつ陽イオンと，負の電荷をもつ陰イオンが存在し，一般的に価電子の数が少ない原子は陽イオンに，価電子の数が多い原子は陰イオンになりやすい。また，1 種類の原子からなるイオンを単原子イオン，(b)2 種類以上の原子からなるイオンを多原子イオンという。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ハロゲン　　②　アルカリ土類金属　　③　アルカリ金属　　④　貴ガス

(2)　文章中の下線部(a)について，陽イオンの陽子の数と電子の数の関係について最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　陽子の数＞電子の数　　②　陽子の数＝電子の数

③　陽子の数＜電子の数

(3)　文章中の下線部(b)について，次の①～④のうちから多原子イオンに該当するものを一つ選べ。

①　臭化物イオン　　②　水酸化物イオン

③　亜鉛イオン　　④　酸化物イオン

(4)　次の①～④のうちから HCO_3^- の名称として最も適当なものを一つ選べ。

①　炭酸イオン　　②　炭酸水素イオン

③　酢酸イオン　　④　オキソニウムイオン

(5)　次の①～④のうちから硫酸イオンのイオン式として最も適当なものを一つ選べ。

①　SO_3^-　　②　SO_3^{2-}　　③　SO_4^-　　④　SO_4^{2-}

(6) 銀イオンに該当するものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

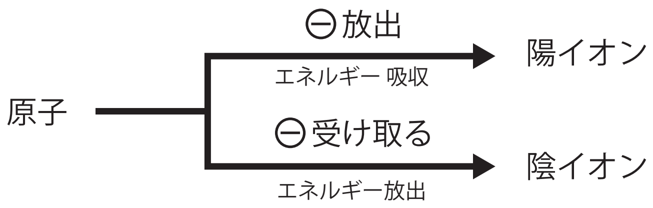
① 1価の陽イオン　② 2価の陽イオン

③ 1価の陰イオン　④ 2価の陰イオン

PART2 イオンとエネルギー

目標　・原子がイオンになるときに出入りするエネルギーを理解しよう。

Chapter1　イオンとエネルギー



Chapter2　イオン化エネルギー

●イオン化エネルギー

原子から電子を 1 個取り去って 1 価の陽イオンになるときに必要なエネルギー

イオン化エネルギーが小さいほど陽イオンになりやすい, すなわち陽性が強いことを表す。

まとめ

原子から電子を 1 個取り去って 1 価の陽イオンになるときに必要なエネルギーを（　　　　　　　　　　　　）という。このエネルギーが（　　　　　）ほど陽イオンになりやすい。

Chapter3　電子親和力

●電子親和力

原子が最外殻に電子を 1 個受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出されるエネルギー。電子親和力が大きいほど陰イオンになりやすい，すなわち陰性が強いことを表す。

まとめ

原子が最外殻に電子を受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出するエネルギーを（　　　　　　　）という。このエネルギーが（　　　　　）ほど陰イオンになりやすい。

Chapter4　演習問題

問　イオンとエネルギーに関する次の①～⑤の記述のうち，**間違っているものを 2 つ**選べ。

① リチウムイオンとヘリウム原子は電子配置が同じである。

② アルミニウムイオンは 3 価の陽イオンである。

③ 塩化物イオンの価電子の数は 7 個である。

④ 原子が 1 価の陽イオンになるときに吸収するエネルギーをイオン化エネルギーという。

⑤ 原子が 1 価の陰イオンになるときに必要なエネルギーを電子親和力という。

第6講　PART2　確認問題

問　原子がイオンになるときにはエネルギーが出入りする。原子から電子を1個取り去って（　ア　）になるときに必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。一方，原子が最外殻に電子を受け取って（　イ　）になるときに放出されるエネルギーを電子親和力という。

(1)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1価の陽イオン　　②　1価の陰イオン
③　2価の陽イオン　　④　2価の陰イオン

(2)　文章中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1価の陽イオン　　②　1価の陰イオン
③　2価の陽イオン　　④　2価の陰イオン

(3)　ある原子A, B, Cについて，陽イオンへのなりやすさが $A > B > C$ であるとき，イオン化エネルギーの大小関係はどうなるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$C < A < B$　　②　$C < B < A$
③　$B < A < C$　　④　$A < B < C$

(4)　ある原子D, E, Fについて，陰イオンへのなりやすさが $D > E > F$ であるとき，電子親和力の大小関係はどうなるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$D < E < F$　　②　$F < E < D$
③　$E < D < F$　　④　$F < D < E$

(5) イオンと原子に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 電子親和力が大きいほど陰性が強い。

② アルゴン原子の価電子の数は 0 個である。

③ イオン化エネルギーが小さいほど陽性が弱い。

④ フッ化物イオンとネオン原子の電子配置は同じである。

第7講　周期表
PART1　元素の周期表

目標　・周期表がどういうものか理解しよう。

Chapter1　元素の周期表

要点

周期表

元素を原子番号順に並べ，性質の似たものを縦に配列した表。

周期表の原型はロシアの科学者である**メンデレーエフ**によってつくられた。

●メンデレーエフがつくった周期表

・元素を**原子量順に並べた**もの。

・性質のよく似た元素が一定の間隔であらわれること（元素の**周期律**）を発見。

・周期律から，当時未発見だった元素やその性質も推定（その推定とその後発見された元素の性質はほぼ一致していた）。

まとめ

・メンデレーエフは，元素を（　　　　　）順に並べると，よく似た性質の元素が一定の間隔であらわれること，すなわち（　　　　　）を発見。

・現在の周期表は元素を（　　　　　）順に並べている。

Chapter2　族と周期

要点

族

周期表の縦の列。現在の周期表は 1 ～ 18 族。

周期

周期表の横の行。現在の周期表は 1 ～ 7 周期。

族＼周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Fh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	ランタノイド	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	アクチノイド	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

金属元素　非金属元素

アルカリ金属元素　アルカリ土類金属元素　遷移元素（そのほかは典型元素）　ハロゲン元素　貴ガス元素

●同族元素

同じ族の元素で，性質が似ている。

代表的な同族元素には次のような固有名称がある。

- 1族（H（水素）を除く）　…**アルカリ金属元素**
- 2族　…**アルカリ土類金属元素**
- 17族　…**ハロゲン元素**
- 18族　…**貴ガス（希ガス）元素**

まとめ

- 周期表の縦の列を（　　　），横の行を（　　　）という。
- 同じ族の元素は性質が似ており，同じ族の元素を（　　　）という。
- H（水素）を除く1族を（　　　），2族を（　　　），17族を（　　　），18族を（　　　）という。

Chapter3　元素の種類

要点

典型元素と遷移元素

●典型元素

1 族，2 族，13 ～ 18 族の元素。

最外殻電子の数が周期的に変化し，**同族では価電子の数が同じで性質が似ている。**

●遷移元素

3 ～ 12 族の元素。

最外殻電子の数が 2 または 1 でほとんど変化せず，**隣り合った元素同士の性質が似ている。**

金属元素と非金属元素

●金属元素

金属光沢をもつ，電気や熱をよく導く元素（金属の性質をもつ元素）。

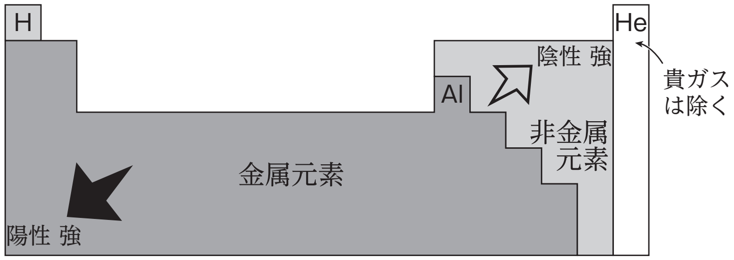
陽イオンになりやすく（陽性が強い），その性質は**周期表の左下にある元素ほど強くなる。**

すべての元素のうち約 90 種類を占める。

●非金属元素

金属の性質を示さない元素。

18 族の貴ガス以外は陰イオンになりやすく（陰性が強い），その性質は**周期表の右上にある元素ほど強くなる。**



Chapter4　演習問題

問　次の周期表の空欄に元素記号を書き入れなさい。

族＼周期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1																		
2																		
3																		
4			Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

第7講　PART1　確認問題

問１　ロシアのメンデレーエフは元素を（　ア　）の順に並べ，性質の似た元素が周期的に現れることを発見し，周期表を作成した。現在の周期表では，縦の列は族，横の行は周期とよばれる。

元素は，典型元素と（　イ　）の２つに分類することができる。また，他にも非金属元素と金属元素に分類する方法もある。

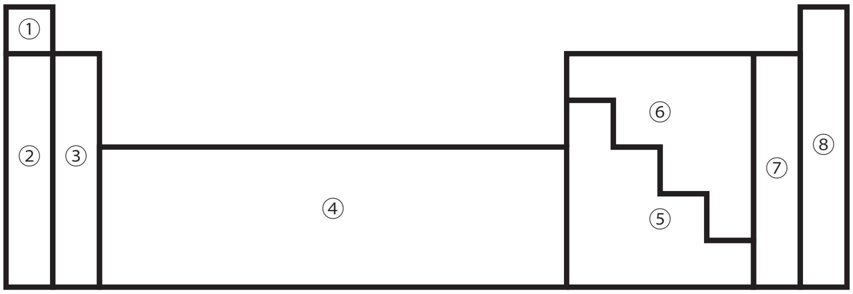
(1)　空欄（　ア　）に入る語句として最も正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①原子番号　②原子量　③原子の大きさ　④中性子数

(2)　空欄（　イ　）に入る語句として最も正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①単原子分子　②遷移元素　③貴ガス元素　④同族元素

問２　図は，第６周期までの周期表の概略図である。



(1)　貴ガス元素を示す範囲として正しいものを，図の①～⑧のうちから一つ選べ。

(2)　ハロゲン元素を示す範囲として正しいものを，図の①～⑧のうちから一つ選べ。

(3)　アルカリ金属元素を示す範囲として正しいものを，図の①～⑧のうちから一つ選べ。

(4)　アルカリ土類金属元素を示す範囲として正しいものを，図の①～⑧のうちから一つ選べ。

⑸　遷移元素を示す範囲として正しいものを，図の①～⑧のうちから一つ選べ。

PART2 元素の周期性

目標　・元素の周期性を理解しよう。

Chapter1　価電子の数

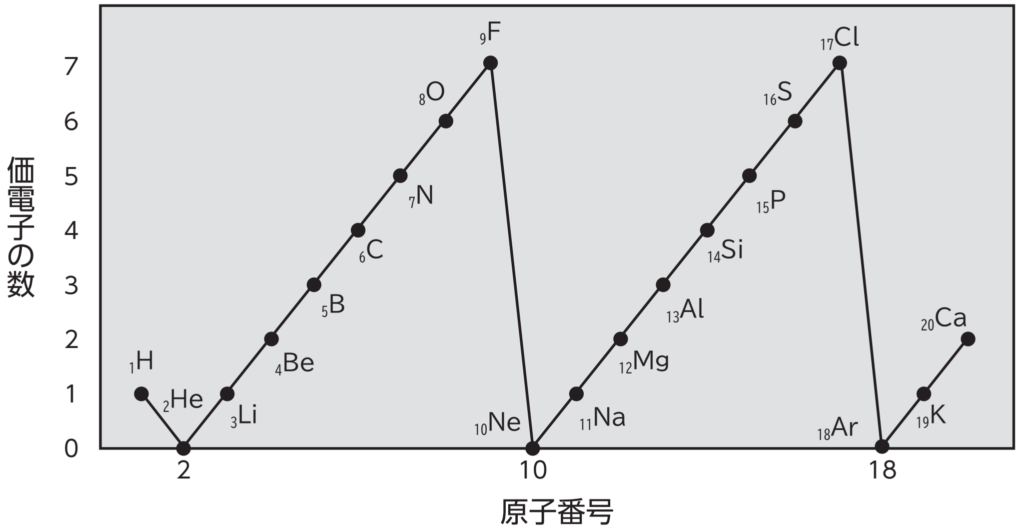
要点

価電子の数

価電子の数は貴ガスを除いて最外殻電子の数と一致する。

●典型元素の場合

貴ガス以外は族の下一桁と一致するため，原子番号順に並べると規則正しいグラフになる。



Chapter2　イオン化エネルギー

要点

イオン化エネルギーの大きさ

「**イオン化エネルギーが小さい原子ほど陽イオンになりやすい**」ことを使って，周期性を考えよう。

●同じ周期での比較

・周期表の左側にある元素

最外殻電子が少なく，電子を放出して陽イオンになりやすいため，イオン化エネルギーは小さい。

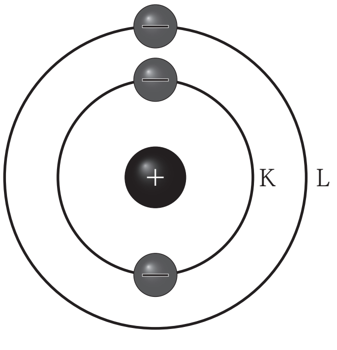
・周期表の右側にある元素

最外殻電子の数が多く，電子を受け取って陰イオンになりやすいため，イオン化エネルギーは大きい。

以上より，同じ周期では，**原子番号の大きい (周期表の右側にある) 元素ほどイオン化エネルギーは大きくなる。**

第 2 周期　1 族

Li



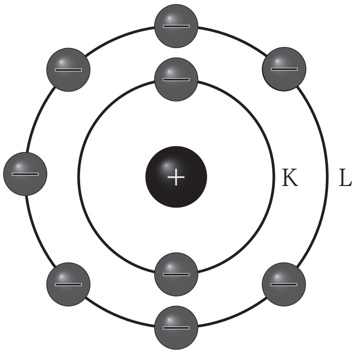
最外殻電子 1 個

➡陽イオンになりやすい

➡イオン化エネルギー ㊫

第 2 周期　17 族

F



最外殻電子 7 個

➡陰イオンになりやすい

➡イオン化エネルギー ㊅

●同じ族での比較

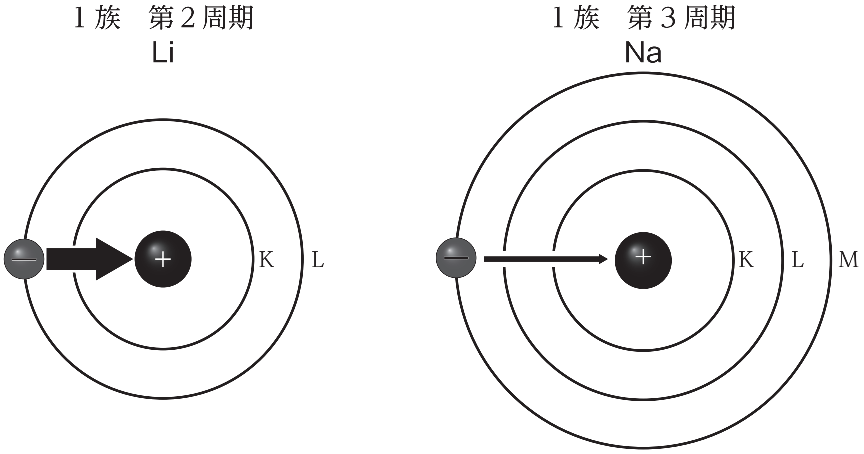
・周期表の上側にある元素

原子核と最外殻電子の距離が近いため，最外殻電子は原子核に強く引きつけられる。そのため，電子を放出しにくく，イオン化エネルギーは大きくなる。

・周期表の下側にある元素

原子核と最外殻電子の距離が遠いため，最外殻電子が原子核に引きつけられる力が弱くなる。そのため，電子を放出しやすく，イオン化エネルギーは小さくなる。

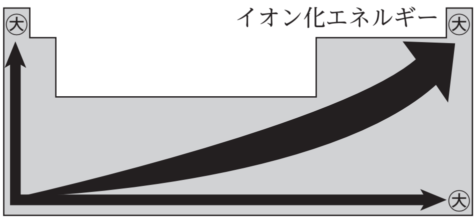
以上より，同じ族では，**原子番号の小さい（周期表の上側にある）元素ほどイオン化エネルギーは大きくなる。**



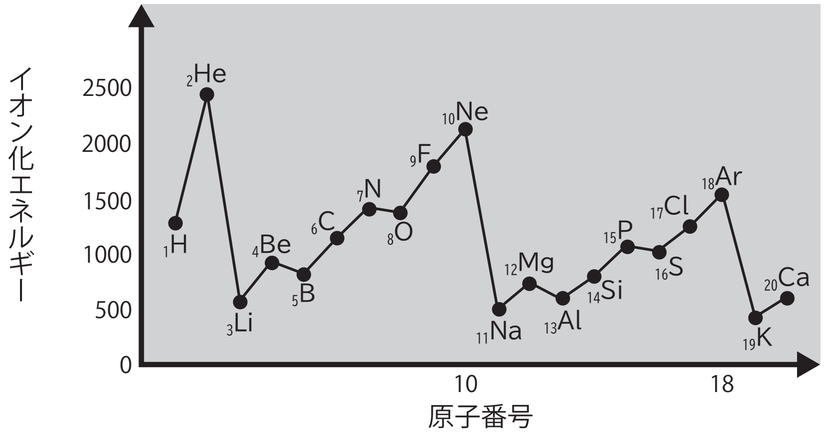
最外殻電子と原子核が近い
➡イオン化エネルギー ㊅

最外殻電子と原子核が遠い
➡イオン化エネルギー ㊈

周期と族の変化をまとめると，**周期表の右上にある元素ほどイオン化エネルギーは大きくなる**（ちなみに，遷移元素は「最外殻電子の数」「原子核と最外殻電子の距離」がともにほぼ同じであるため，イオン化エネルギーはほぼ一定）。



この変化を原子番号順に並べると，次のようなグラフになる。



まとめ

イオン化エネルギーの大小関係

・同じ周期の元素で比較すると，原子番号の（　　　　　）元素ほどイオン化エネルギーが大きい。

・同じ族の元素で比較すると，原子番号の（　　　　　）元素ほどイオン化エネルギーが大きい。

Chapter3　原子の大きさ

●原子の大きさ

・同じ周期での比較

周期表の右側にある元素，すなわち原子番号の大きい元素ほど陽子の数が多い。そのため原子核が最外殻電子を強く引きつけ，原子半径が小さくなる（ただし貴ガスは除く）。

例　リチウム $_3$Li（陽子３個）とフッ素 $_9$F（陽子９個）はともに第２周期だが，フッ素の方が半径は小さい。

・同じ族での比較

周期表の下側にある元素，すなわち原子番号の大きい元素ほど電子殻が多い。そのため，原子半径は大きくなる。

例　リチウム $_3$Li（K^2L^1）とナトリウム $_{11}$Na（$K^2L^8M^1$）はともに１族だが，ナトリウムのほうが半径は大きい。

単位：nm(10^{-7}cm)

	1	2	13	14	15	16	17	18
1	H 水素 0.030							He ヘリウム 0.140
2	Li リチウム 0.152	Be ベリリウム 0.111	B ホウ素 0.081	C 炭素 0.077	N 窒素 0.074	O 酸素 0.074	F フッ素 0.072	Ne ネオン 0.154
3	Na ナトリウム 0.186	Mg マグネシウム 0.160	Al アルミニウム 0.143	Si ケイ素 0.117	P リン 0.110	S 硫黄 0.104	Cl 塩素 0.099	Ar アルゴン 0.188

（縦：小↑↓大　横：大←→小）

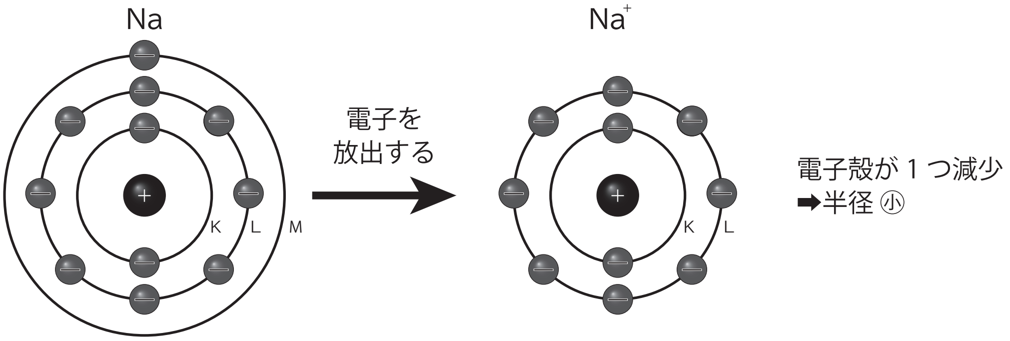
Chapter4　イオンの大きさ

●イオンの大きさ

・原子と陽イオンの比較

原子が陽イオンになると電子殻が一つ減少するため，元の原子より小さくなる。

例　$_{11}$Na 原子（$K^2L^8M^1$）と Na^+（K^2L^8）では，Na^+のほうが，電子殻が少なく半径が小さい。



・原子と陰イオンの比較

原子が陰イオンになっても電子殻の数は変化しない。しかし，最外殻電子の数が増えることで電子どうしの反発を生じ，最外殻が少し広がる。したがって，元の原子より陰イ

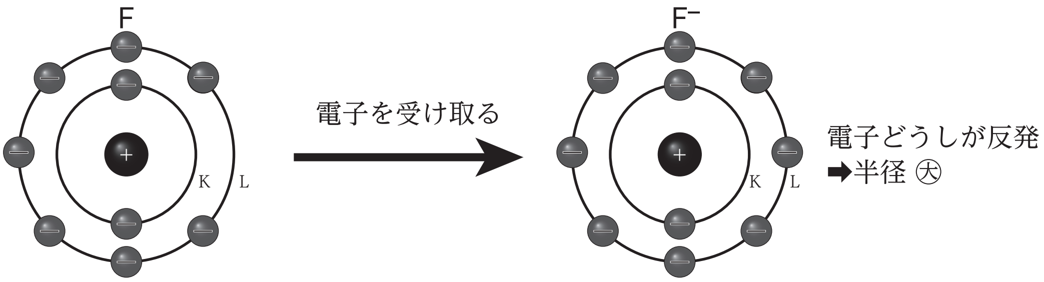
オンのほうが半径は大きくなる。

例　${}_{9}F$（K^2L^7）と F^-（K^2L^8）では F^-のほうが最外殻電子の数が多く，半径が大きい。

・同じ電子配置をとるイオンの比較

電子配置が同じイオンどうしでは，原子番号の大きいほうが陽子の数が多く，最外殻電子を強く引きつけるためイオンの半径は小さくなる。

例　F^-（K^2L^8）と Na^+（K^2L^8）は電子配置が同じだが，Na^+のほうが陽子の数が多くイオン半径が小さい。



まとめ

・原子が陽イオンになると半径は（　　　　）くなる。

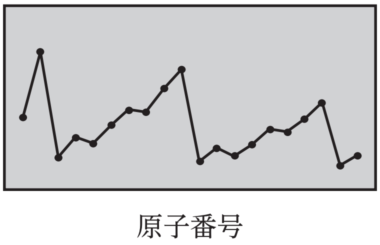
・原子が陰イオンになると半径は（　　　　）くなる。

・同じ電子配置のイオンでは，原子番号の大きいほうが，イオン半径は（　　　　）。

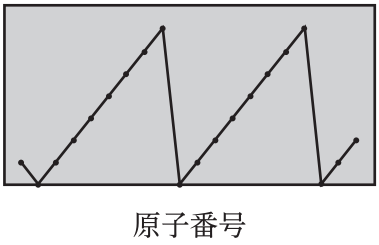
Chapter5　演習問題

問　次のグラフは周期的な数値の変化をグラフにしたものである。何の周期的な変化を示したものかそれぞれ答えよ。

(1)



(2)



第7講　PART2　確認問題

問　ロシアのメンデレーエフは周期表を作成し，性質のよく似た元素が一定の間隔で現れる元素の周期律を発見した。現在の周期表は，このメンデレーエフの作成した周期表をもとに作られている。周期表を通してそれぞれの元素の性質を見ると一定の傾向があることがわかる。

例えば，周期表の中で，イオン化エネルギーの大きいものを調べると，同じ周期の中では族の数値が大きいものほどイオン化エネルギーは（　ア　）なり，一方同じ族の中では周期の値が大きいものほどイオン化エネルギーは（　イ　）なる。

このほかにも，(a)原子の大きさ（原子半径）についても，周期表の中ではある程度の傾向を観察することができる。

(1)　文中の空欄（　ア　）と（　イ　）に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

①ア：大きく　　イ：大きく　　②ア：大きく　　イ：小さく
③ア：小さく　　イ：大きく　　④ア：小さく　　イ：小さく

(2)　下線部(a)の原子の大きさについて述べた①～④のうち，周期表の中で見られる傾向として正しいものを一つ選べ。

① 同じ族の元素では，原子番号が大きいほど原子は大きくなっていく。
② 同じ周期の元素では，原子番号が大きいほど原子は大きくなっていく。
③ 同じ族の元素では，原子の大きさはほぼ同じである。
④ 同じ周期の元素では，原子の大きさはほぼ同じである。

(3)　次の原子のうち最も大きい原子として適当なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。

① Cl　② K　③ Ca　④ Na　⑤ F

(4)　次のイオンのうち最も大きいイオンとして適当なものを次の①～④のうちから一つ選べ。

① Cl^{-}　② S^{2-}　③ K^{+}　④ Ca^{2+}

< Note >

第8講　イオン結合と結晶

PART1　電気陰性度と結合

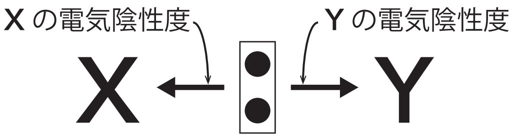
目標
・電気陰性度とは何か理解しよう。
・電気陰性度と結合の関係を理解しよう。

Chapter1　電気陰性度

要点

電気陰性度

結合により生じた電子対を引きつける力



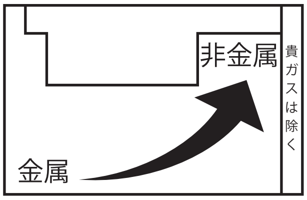
●電気陰性度の大小

・**周期表の右上にある元素（貴ガス（希ガス）を除く）**

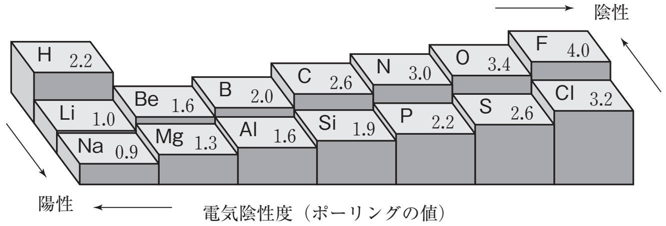
陰性が強く電子対を強く引きつけるため, 電気陰性度が大きくなる。ただし, 貴ガス（希ガス）は結合しないため除く。

・**周期表の左下にある元素**

陽性が強く電子を放出しようとするため, 電気陰性度は小さくなる。



周期表



まとめ

・周期表の右上にある元素ほど電気陰性度は（　　　　　）くなる。ただし, 貴ガス（希ガス）を除く。

Chapter2　電気陰性度と化学結合

要点

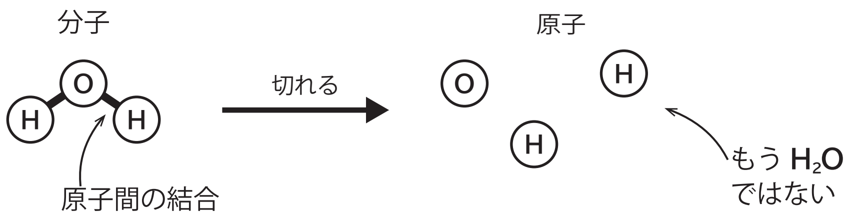
化学結合

原子間の結合のこと。

結合は「**原子間の結合**」と「**分子間の結合**」の 2 つに大別できる。

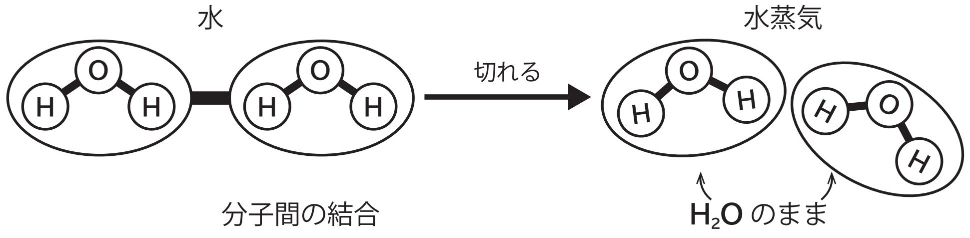
「原子間の結合」はその結合が切れると物質が原子に変化する。このような原子間の結合を化学結合という。

例 水（H － O － H）の O 原子と H 原子の間の結合



「分子の間の結合」はその結合が切れても，物質の状態が変化するだけで物質の種類そのものは変化しない。

例 水（H_2O）と水（H_2O）の間の結合



要点

化学結合の種類

化学結合の種類は電気陰性度で決まる。電気陰性度が大きい「非金属元素」と電気陰性度が小さい「金属元素」の組み合わせで，以下のように判断できる。

(1) 金属元素（電気陰性度小）＋非金属元素（電気陰性度大）の結合 → イオン結合

(2) 非金属元素（電気陰性度大）どうしの結合 → 共有結合

(3) 金属元素（電気陰性度小）どうしの結合 → 金属結合

まとめ

・化学結合の種類と判断

金属元素と非金属元素の結合　→　（　　　　　）結合

非金属元素どうしの結合　→　（　　　　）結合

金属元素どうしの結合　→　（　　　　）結合

Chapter3　演習問題

問　次の化学式の原子間の結合はイオン結合，共有結合，金属結合のいずれか答えよ。ただし，複数の結合がある場合には，すべての結合について答えること。

⑴ CO_2

⑵ NaCl

⑶ KOH

< Note >

第 8 講　PART1　確認問題

問　原子が，結合によって生じた電子対を引きつける力を電気陰性度という。電気陰性度は（　ア　）を除いて周期表の（　イ　）にある元素ほど大きく，（　ウ　）にある元素ほど小さい。また，電気陰性度は化学結合（原子間の結合）の種類を決定づける因子となっており，<u>結合している原子の電気陰性度の大きさから化学結合の種類を判断することができる</u>。

⑴　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アルカリ金属　　②　アルカリ土類金属　　③　ハロゲン　　④　貴ガス

⑵　文章中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　左上　　②　左下　　③　右上　　④　右下

⑶　文章中の（　ウ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　左上　　②　左下　　③　右上　　④　右下

⑷　文章中の下線部について，電気陰性度が大きい「非金属元素」どうしの結合では何結合が形成されていると判断できるか。最も適当なものを, 次の①～③のうちから一つ選べ。

①　イオン結合　　②　金属結合　　③　共有結合

⑸　文章中の下線部について，電気陰性度が小さい「金属元素」どうしの結合では何結合が形成されていると判断できるか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　イオン結合　　②　金属結合　　③　共有結合

⑹　次の①～④の化学式のうち，原子間でイオン結合を形成しているものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　KCl　　②　N_2　　③　CH_4　　④　H_2O

< Note >

PART2 イオン結合

目標　・イオン結合とは何かをしっかり押さえよう。

Chapter1　イオン結合

要点

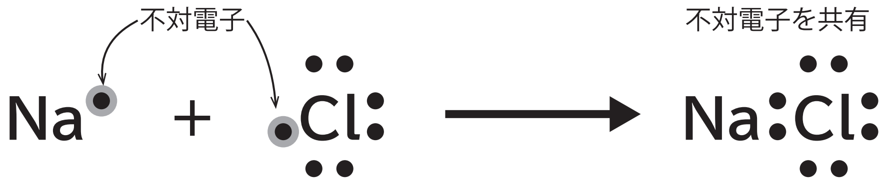
イオン結合

金属元素と非金属元素の間にできる結合

例　NaCl：金属元素 Na と非金属元素 Cl の組み合わせなのでイオン結合

●イオン結合をくわしく見てみる

(1)　どんな結合も，はじまりはすべて「不対電子の共有」。



(2)　共有によって生じた電子対は，Na と Cl のうち電気陰性度が大きい非金属元素である Cl（塩素原子）に強く引き付けられ，塩素原子のものとなる。

結果的に，Na（ナトリウム）原子は Na^+（ナトリウムイオン）に，Cl（塩素）原子は Cl^-（塩化物イオン）に変化し，**その間に生じる静電気力（クーロン力）で結びつく**。これがイオン結合である。

例外　塩化アンモニウム NH_4Cl，硫酸アンモニウム $(NH_4)_2SO_4$

これらは非金属元素のみで構成されているが，アンモニウムイオン NH_4^+ と塩化物イオン Cl^- や硫酸イオン SO_4^{2-} からなるイオン結合である。注意しよう。

まとめ

・金属元素と非金属元素の間にできる結合を（　　　　　）結合という。これは，陽イオンと陰イオンの間に生じる（　　　　　　）力によるものである。

Chapter2　組成式

要点

組成式

イオン結合でできた物質のように，**最小の繰り返し単位のみを元素記号で表したもの**

イオン結合でできている物質は，陽イオン 1 個と陰イオン 1 個だけからできているのではなく，陽イオンの周りには陰イオンが，陰イオンの周りには陽イオンが集まり，たくさんのイオンで構成されている。

あまりにも多いため，本来なら無限大を示す「∞」を使って表すことになるが，それを省略して**最小の繰り返し単位のみを表すのが組成式**である。

例　塩化ナトリウム

Na^+（ナトリウムイオン）と Cl^-（塩化物イオン）がたくさん集まってできているので，「$(NaCl)_\infty$」が正確な表現になるが，最小の繰り返し単位「NaCl」と表記する。

●組成式の作り方

イオンからなる物質は，全体で電気的に中性（プラスマイナス 0）である。すなわち，プラスの電荷とマイナスの電荷が必ず一致する。

例　塩化カルシウム

Ca^{2+}（カルシウムイオン）は 2 価の陽イオン，Cl^-（塩化物イオン）は 1 価の陰イオンであるため，プラスの電荷とマイナスの電荷を一致させるには Cl^-が 2 つ必要である。以上より，塩化カルシウムの組成式は $CaCl_2$ となる。

まとめ

・イオン結合でできた物質のように，たくさんの粒子からできている物質は，その最小の繰り返し単位のみを表記する。これを（　　　　　）という。

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の中から，イオン結合でできている物質をすべて選べ。また物質の組成式を書け。

① 二酸化炭素　　② ダイヤモンド　　③ 水

④ 塩化アンモニウム　　⑤ ヨウ化カリウム

< Note >

第8講　PART2　確認問題

問　金属元素と非金属元素の間にできる結合をイオン結合という。例えば，塩化ナトリウム NaCl は金属元素 Na と非金属元素 Cl で構成されており，Na と Cl の間でイオン結合が形成されている。しかし，中には非金属元素のみで構成されているにもかかわらず，イオン結合が形成されているものもあり，例えば，(a)硫酸アンモニウムでは，アンモニウムイオンと硫酸イオンの間でイオン結合が形成されている。(b)イオン結合でできている物質は多くのイオンで構成されているため，最小の繰り返し単位のみを表す(c)組成式で表記するようになっている。

(1)　文章中の下線部(a)について，硫酸アンモニウムの化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　NH_4SO_3　②　$(NH_4)_2SO_3$　③　NH_4SO_4　④　$(NH_4)_2SO_4$

(2)　文章中の下線部(b)について，イオンからなる物質は全体で見ると電気的にどのような状態になっているか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　マイナスに偏っている　②　中性である　③　プラスに偏っている

(3)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　金属元素は電気陰性度が大きい。

②　共有結合は不対電子を共有するところから始まる。

③　塩化アンモニウムはイオン結合でできている。

④　イオン結合は静電気力（クーロン力）によって形成されている。

(4)　文章中の下線部(c)について，硫酸カリウムの組成式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　K_2SO_3　②　K_2SO_4　③　$K_4(SO_3)_2$　④　$K_4(SO_4)_2$

(5)　次の①～④のうち，**イオン結合でできていない物質**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　CaO　②　NH_4Cl　③　CO_2　④　Na_2CO_3

< Note >

PART3 イオン結晶

目標　・イオン結晶の性質を押さえよう。

Chapter1　イオン結晶の性質

要点

結晶

粒子が規則正しく並んだ固体。　※化学基礎で扱う固体は基本的に結晶

イオン結晶

イオン結合でできている結晶。

●イオン結晶の性質

1. 水に溶けてイオンになる（例外あり）

イオン結晶の物質は水に溶けてイオンになる。このように，物質がイオンに分かれることを**電離**，水に溶けて電離する物質を**電解質**という。

これに対して，水に溶けて電離しない物質は**非電解質**という。

非電解質の例

グルコース，フルクトース

イオン結晶の中には沈殿となって水に溶けないものがある。

沈殿になるイオン結晶の例

塩化銀 $AgCl$，硫酸バリウム $BaSO_4$，炭酸カルシウム $CaCO_3$

2. 固体は電気を通さないが，液体 (水溶液や融解液) は電気を通す

・固体の場合

イオンどうしがイオン結合で結びつき動くことができないため，電気を通さない。

・液体の場合（水溶液や融解液※）

イオンが自由に動くことができるため，電気を通す。

※融解液：融点まで加熱して溶かしたもの

3. 硬いがもろい

陽イオンと陰イオンの結びつきが強いため，イオン結合は強い結合となる。

したがって，イオン結晶は**融点が高く**，**硬い**という性質をもつ。

しかし，外部から力が加わって陽イオンと陰イオンの配列がずれると，同じ符号のイオンどうしが接近するため，反発が起こり簡単に割れる。

まとめ

・イオン結合でできている結晶を（　　　　　　　　　）という。

・イオン結合でできている結晶は基本的に水に溶けてイオンになる。このように水に溶けてイオンに分かれることを（　　　　　），水に溶けてイオンに分かれる物質のことを（　　　　　）という。また，（　　　　　）は電気を通さないが，（　　　　　）は電気を通す。

Chapter2　身の回りのイオンからなる物質

よく出てくる例をまとめた。実際の生活でも多く見られるので覚えよう。

● NaCl（塩化ナトリウム）

食塩の主成分。水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムの製造原料。

● Na_2CO_3（炭酸ナトリウム）

ガラスの製造に使用。十水和物 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$（無色結晶）を空気中に放置すると，一水和物 $Na_2CO_3 \cdot H_2O$（白色粉末）に変化。このように空気中で水和水を失う変化を**風解**という。

● $NaHCO_3$（炭酸水素ナトリウム）

重曹ともよばれる。加熱すると二酸化炭素を発生。ベーキングパウダーや発泡入浴剤，胃薬などに利用されている。

● $CaCl_2$（塩化カルシウム）

乾燥剤や凍結防止剤として利用される。

● $CaCO_3$（炭酸カルシウム）

大理石や石灰石として存在。貝殻の主成分でもある。石灰石が溶解してできた洞穴を鍾乳洞という。セメント，チョーク，歯磨き粉の原料として利用される。

● $CaSO_4$（硫酸カルシウム）

二水和物 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$（セッコウという）として存在。医療用ギプスや建築材料として利用される。

● NaOH（水酸化ナトリウム）

塩化ナトリウム水溶液の電気分解によって製造される。苛性ソーダともいわれる。空気中に放置すると空気中の水分を吸収して溶解する。これを**潮解**という。石けん，化学薬品の原料などに利用される。

● $Ca(OH)_2$（水酸化カルシウム）

消石灰ともよばれる。水溶液は石灰水といい，二酸化炭素の検出に利用される。

● CaO（酸化カルシウム）

生石灰ともよばれる。水酸化カルシウムの製造や乾燥剤として利用される。

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の中から，イオン結晶の電解質をすべて選べ。

① HCl　　② $CaCO_3$　　③ $C_6H_{12}O_6$

④ Na_2CO_3　　⑤ $BaCl_2$

第8講　PART3　確認問題

問　結晶とは粒子が規則正しく並んだ固体のことをいうが，中でもイオン結合でできている結晶はイオン結晶と呼ばれる。イオン結晶は水に溶けると電離してイオンに分かれることが一般的であるが，(a)沈殿となって水に溶けないものもある。イオン結晶の物質は，一般に（　ア　）。イオン結晶は身の回りにも様々なものがあり，例えば，乾燥剤や凍結防止剤として利用される（　イ　）や，重曹とも呼ばれてベーキングパウダーや発泡入浴剤などに利用される（　ウ　）などがある。

(1)　文章中の下線部(a)について，次の①～④のうちから沈殿になるイオン結晶の例として**あてはまらないもの**を一つ選べ。

①　$BaSO_4$　　②　NaCl　　③　$CaCO_3$　　④　AgCl

(2)　文章中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　融点が低く，やわらかい　　②　融点が低く，硬い
③　融点が高く，やわらかい　　④　融点が高く，硬い

(3)　文章中の（　イ　）にあてはまる物質の化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$CaCO_3$　　②　$NaHCO_3$　　③　$Ca(OH)_2$　　④　$CaCl_2$

(4)　文章中の（　ウ　）にあてはまる物質の化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$NaHCO_3$　　②　CaO　　③　Na_2CO_3　　④　$CaCO_3$

(5)　イオン結晶に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　イオン結晶には，水に溶けず沈殿となるものがある。
②　$CaSO_4$ は二水和物として存在し，医療用ギプスや建築材料として利用される。
③　イオン結晶は液体では電気を通すが，固体でも電気を通す。
④　グルコースは非電解質である。

< Note >

第9講　分子と共有結合
PART1　分子

目標　・分子とは何かをしっかりと理解しよう。

Chapter1　共有結合と分子

要点

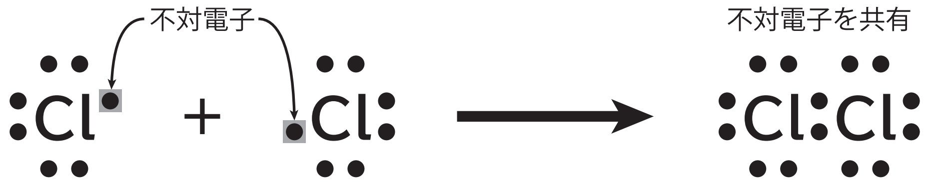
共有結合

非金属元素の原子間で，電子を出し合って共有することにより作られる，非常に強い結合。

例　Cl_2　非金属元素 Cl どうしの組み合わせなので共有結合

●分子式の書き方

(1)　どんな結合も，はじまりはすべて「不対電子の共有」。



(2)　Cl 塩素原子は非金属元素で電気陰性度が大きいため，電子対を互いに強く引っ張る（特に Cl_2 の場合は，Cl（塩素）原子どうしがまったく同じ力で引っ張り合うので，電子対がどちらかにかたよることはない)。これにより，電子対は 2 つの Cl 原子で共有される。

結果的に，2 つの Cl 原子は最外殻がオクテットになり安定する。これが共有結合である。非金属元素は電気陰性度が大きく，互いに電子対を強く引きつけるため，共有結合は非常に強い結合になる。また，このような共有結合によってできる小さい集まりを**分子**という。

まとめ

非金属元素の原子間で作られる非常に強い結合を（　　　　）結合という。
また，共有結合によってできる小さい集まりを（　　　　）という。

Chapter2　分子式と分子の種類

要点

分子式

分子を構成する原子の数と種類を，元素記号を使って表したもの。

例 アンモニア NH_3

…窒素 N 原子 1 つと水素 H 原子 3 つが共有結合してできる分子

分子の種類

・二原子分子

2 つの原子からなる分子。　例 塩素 Cl_2

・多原子分子

3 つ以上の原子からなる分子。　例 二酸化炭素 CO_2

・単原子分子

1 つの原子のままで分子になるもの。

他の原子と結合しない貴ガスがこれにあたる。　例 アルゴン Ar

まとめ

・分子を表す化学式を（　　　　）という。
・2 つの原子からなる分子を（　　　　　），3 つ以上の原子からなる分子を（　　　　　），（　　　　）のように原子 1 つで分子になるものを（　　　　　）という。

Chapter3　演習問題

問　次の①～③の分子の分子式をそれぞれ答えよ。また①～③のうち，多原子分子はどれか記号で答えよ。

① メタン　　　② ネオン　　　③ 臭素

< Note >

第 9 講 PART1 確認問題

問 非金属元素の原子間で不対電子を共有し，電子対が形成されることで作られる結合を共有結合という。非金属元素は電気陰性度が大きく，互いに電子対を強く引きつけるため，共有結合は非常に強い結合となっている。共有結合によってできる小さな集まりを分子といい，分子には 2 つの原子からなる(a)二原子分子，3 つ以上の原子からなる(b)多原子分子，1 つの原子のままで分子になる(c)単原子分子があり，それぞれ(d)分子式で表すことができる。

(1) 文章中の下線部(a)について，次の①～④のうちから二原子分子に該当するものを一つ選べ。

① 窒素　② ネオン　③ 酢酸　④ 二酸化炭素

(2) 文章中の下線部(b)について，次の①～④のうちから多原子分子に該当するものを一つ選べ。

① 酸素　② アルゴン　③ アンモニア　④ 水素

(3) 文章中の下線部(c)について，次の①～④のうちから単原子分子に該当するものを一つ選べ。

① 塩素　② フッ素　③ 塩化水素　④ ヘリウム

(4) 文章中の下線部(d)について，次の①～④のうちから水の分子式として最も適当なものを一つ選べ。

① H_3O^+　② H_2O　③ H_2O_2　④ OH^-

(5) 分子と共有結合に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 共有結合している原子は互いに最外殻がオクテットや閉殻になり安定している。

② 同じ元素からなる二原子分子は電子対がどちらかにかたよることはない。

③ メタンの分子式は CH_4 である。

④ ハロゲンは単原子分子として存在する。

< Note >

PART2 分子の構造式と形

目標　・代表的な分子の構造式と形を書けるようになろう。

Chapter1　分子の構造式

要点

構造式

価標（共有電子対 1 組を 1 本の線（−）で表したもの）**を用いて表した式**のこと

単結合

共有電子対 1 組による共有結合（価標 1 本）

例　Cl_2（塩素分子）

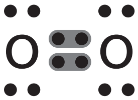
(Cl−Cl)

価標

二重結合

共有電子対 2 組による共有結合（価標 2 本）

例　O_2（酸素分子）

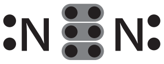


(O=O)

三重結合

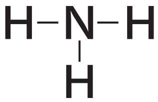
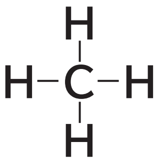
共有電子対 3 組による共有結合（価標 3 本）

例　N_2（窒素分子）



(N≡N)

以下の代表的な多原子分子の構造式も書けるようになろう。

水　H_2O	H−O−H	二酸化炭素　CO_2	O=C=O
アセチレン　C_2H_2	H−C≡C−H	シアン化水素　HCN	H−C≡N
アンモニア　NH_3		メタン　CH_4	

まとめ

価標を使って表す式を（　　　　　）という。価標1本の共有結合を（　　　　　），価標2本の共有結合を（　　　　　），価標3本の結合を（　　　　　）という。

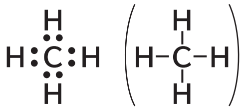
Chapter2　分子の形

要点

電子対は負に帯電しているため，電子対どうしは反発しできるだけ離れようとする。これにより，分子の形が決まる。

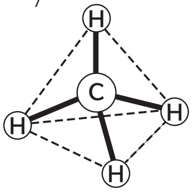
正四面体形

真ん中の原子が4つの電子対をもつとき，この4対はできるだけ離れようとするため，正四面体形になる。



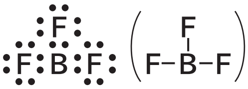
例　メタン　CH_4

正四面体



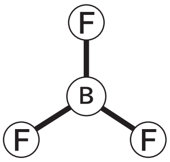
正三角形

真ん中の原子が電子対を3対もつとき，この3対はできるだけ離れようとするため，正三角形になる。



例　三フッ化ホウ素　BF_3

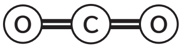
正三角形



直線形

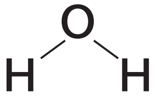
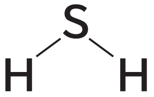
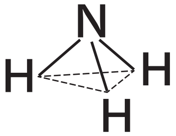
真ん中の原子が電子対を2対もつとき，この2対はできるだけ離れようとするため，直線形になる。例の CO_2 のような電子対の数を数えるときは，二重結合や三重結合もそれぞれ1組として考える。

直線形



例　二酸化炭素　CO_2

ここまでの例の分子以外にも，以下に記す代表的な分子の形がどのような形か答えられるようになろう（折れ線形や三角錐(すい)形の分子もある）。

直線形	アセチレン　C_2H_2 H−C≡C−H	シアン化水素　HCN H−C≡N
折れ線形	水　H_2O 	硫化水素　H_2S 
三角錐形	アンモニア　NH_3 	

まとめ

分子の形

- CO_2（二酸化炭素）　→（　　　　　）形
- H_2O（水）　→（　　　　　）形
- CH_4（メタン）　→（　　　　　）形
- NH_3（アンモニア）　→（　　　　　）形

Chapter3　演習問題

問　次の①～③の分子の形はどのようになるか，それぞれ答えよ。

①アセチレン　　②メタン　　③三フッ化ホウ素

< Note >

第 9 講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　シアン化水素の構造式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

a　H−C=N　　b　H−C≡N　　c　H=C=N　　d　H≡C−N

①　a　　②　b　　③　c　　④　d

(2)　ある二原子分子 X_2 は下のような構造式で表すことができる。X_2 に該当する分子として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

X=X

①　窒素　　②　塩素　　③　酸素　　④　フッ素

(3)　メタン分子の形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　折れ線形　　②　正四面体形　　③　三角錐形　　④　正三角形

(4)　アンモニア分子の形として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　正四面体形　　②　正三角形　　③　折れ線形　　④　三角錐形

(5)　次の①～④のうち，分子の形が折れ線形のものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　水　　②　三フッ化ホウ素　　③　二酸化炭素　　④　アセチレン

(6)　構造式と分子の形に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　構造式の中で共有電子対 1 組を 1 本の線（—）で表したものを価標という。

②　電子対は負に帯電している。

③　アセチレンには三重結合が 1 つある。

④　硫化水素の分子の形は直線形である。

< Note >

PART3 電気陰性度と極性

目標 ・極性分子か無極性分子か答えられるようになろう。

Chapter1　二原子分子の極性

要点

極性

異なる種類の原子が結合することにより生じる電荷のかたよりのこと

極性分子

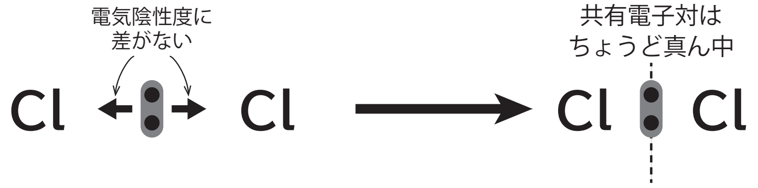
極性をもつ分子

例 HCl（塩化水素）

無極性分子

極性をもたない分子

例 Cl_2（塩素）



まとめ

電気陰性度の差により生じる電荷のかたよりを（　　　　　）といい，このかたよりをもつ分子を（　　　　　　），もたない分子を（　　　　　　　　）という。

Chapter2　多原子分子の極性

要点

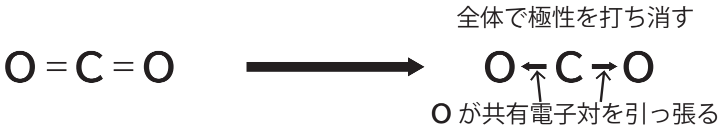
多原子分子の極性の有無は「電気陰性度の差」以外に「分子の形」が大きく関与する。

無極性分子になる多原子分子

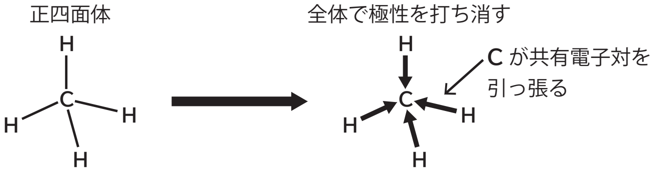
例　二酸化炭素　CO_2

炭素C原子と酸素O原子には電気陰性度に差があるので，原子間に極性が生じる。

しかし，二酸化炭素 CO_2 は直線形で，分子全体で極性を打ち消し合うので，無極性分子となる。



同様に，正四面体形のメタン CH_4 も原子間に極性はあるが，分子全体では無極性分子となる。

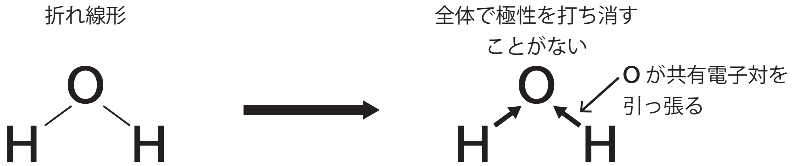


極性分子になる多原子分子

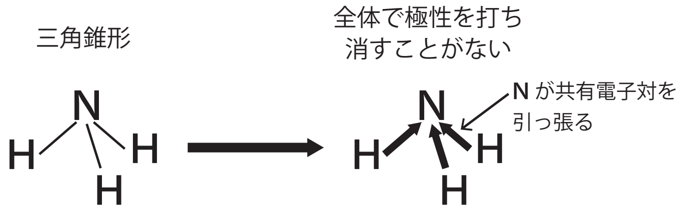
例　水　H_2O

水素H原子と酸素O原子の間には電気陰性度の差があるため，極性を生じる。

水 H_2O は折れ線形の分子であるため，分子全体で極性を打ち消し合うことはなく，極性分子となる。



同様に，三角すい形のアンモニア NH_3 も分子全体で極性を打ち消し合わないため極性分子となる。



まとめ

多原子分子が極性分子になるか無極性分子になるかは，（　　　　　　　　　　）の差だけでなく（　　　　　　　　　　）が大きく関与する。

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の中から極性分子をすべて選べ。

① フッ化水素　② メタン　③ アンモニア

④ ヨウ素　⑤ 二酸化炭素

＜ Note ＞

第9講　PART3　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　フッ化水素（HF）の共有電子対の状態を表した図として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。なお，図の縦線は H 原子と F 原子の中間の位置を示している。

a　　　　b　　　　c

①　a　　　②　b　　　③　c

(2)　次の①～④のうち，極性分子はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　水素　　②　フッ素　　③　水　　④　アセチレン

(3)　次の①～④のうち，無極性分子はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　メタン　　②　アンモニア　　③　塩化水素　　④　硫化水素

(4)　電気陰性度と極性に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　フッ化水素は極性分子である。

②　二酸化炭素は極性分子である。

③　多原子分子は電気陰性度以外に分子の形が極性の有無に関与する。

④　ヨウ素は無極性分子である。

< Note >

PART4 分子間にはたらく力と分子結晶

目標　・分子間にはたらく力と分子結晶の性質をしっかり押さえよう。

Chapter1　分子間にはたらく力

要点

分子間力

分子間にはたらく力の総称

ファンデルワールス力

すべての分子間にはたらく弱い引力。極性の有無に関係なく，すべての分子にはたらく。

水素結合

F（フッ素）原子，O（酸素）原子，N（窒素）原子の間に H（水素）原子をはさんでできる分子どうしの結合。**分子内に「H－F，H－O，H－N 結合のいずれか」をもつ分子間にはたらく**と判断するとよい。

例　HF（フッ化水素），H_2O（水），NH_3（アンモニア）

水素結合はファンデルワールス力に比べるととても強いため，**水素結合をもつ分子は，もたない分子に比べて融点や沸点が高くなる。**

まとめ

分子間にはたらく力

すべての分子間にはたらく（　　　　　　　　　　），分子内に「H－F，H－O，H－N 結合のいずれか」をもつ分子間にはたらく（　　　　　　）があり，それらを総称して（　　　　　　）という。

Chapter2　分子結晶

要点

分子結晶

分子間力によってできる結晶

●分子結晶の性質

分子間力は，原子間の結合（共有結合，イオン結合，金属結合）に比べると非常に弱いため，分子結晶は次のような性質をもつ。

(1) やわらかい

(2) 融点が低い

(3) 昇華性をもつものがある

例 ドライアイス　CO_2　　ヨウ素　I_2　　ナフタレン　$C_{10}H_8$

まとめ

分子結晶の性質

・(　　　　　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　　　　　)

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の分子のうち，分子間に水素結合をもつものをすべて選べ。

① 塩化水素　　② 水　　③ アンモニア

④ 二酸化炭素　　⑤ フッ素

第9講　PART4　確認問題

問　分子間にはたらく力を総称して分子間力といい，分子間力にはファンデルワールス力や(a)水素結合などが含まれている。分子間力によってできる結晶は(b)分子結晶と呼ばれ，分子結晶には（　ア　），ヨウ素，ナフタレンなどがある。

(1)　文中の下線部(a)について，水素結合がはたらくために必要な分子内の結合に該当するものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　H—P　　②　H—C　　③　H—O　　④　H—Cl

(2)　文中の下線部(b)について，分子結晶の性質に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　融点が低い　　②　昇華性をもつものがある

③　電離しやすい　　④　やわらかい

(3)　文中の（　ア　）にあてはまる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　塩化アンモニウム　　②　ケイ素

③　水酸化ナトリウム　　④　ドライアイス

(4)　次の①～④の分子のうち，分子間に水素結合がはたらいているものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　二酸化炭素　　②　フッ化水素　　③　塩素　　④　硫化水素

(5)　分子間力に関する次の①～④の記述のうち，正しいものを一つ選べ。

①　水素結合をもつ分子は，水素結合をもたない分子に比べて融点が低い。

②　ファンデルワールス力は極性の有無に関係なくすべての分子にはたらく。

③　分子間力は原子間の結合よりも強い。

④　水素結合はファンデルワールス力よりも弱い。

< Note >

第 10 講　共有結合の結晶と高分子化合物
PART1　共有結合の結晶

目標
・共有結合だけでできている結晶には，どんな性質があり，どんなものがあるのか答えられるようになろう。

Chapter1　共有結合の結晶

要点

共有結合の結晶

共有結合のみからなる結晶。**巨大分子**といわれることもある。

化学式は，最小の繰り返し単位のみを表す**組成式**となる。

共有結合によってできる小さい集まりが分子である。分子が小さい集まりを作るのは，小さい集まりになった時点で原子がオクテットになり安定するからである。

しかし，中には小さな集まりではオクテットにならず，共有結合を繰り返し，巨大な分子を作るものがある。以下に示す炭素 C 原子の例（ダイヤモンド）がそれに相当する。

このように共有結合のみで結晶を作る物質は，**ダイヤモンド**（C），**黒鉛**（C），**ケイ素**（Si），**二酸化ケイ素**（SiO_2），**炭化ケイ素**（SiC）の 5 つのみ。

これら以外で，**非金属元素のみからなる物質はすべて分子**となる。

まとめ

共有結合のみでできる結晶には

・(　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　)　　の５つがある。

これ以外の非金属のみからなる物質はすべて分子となる。

Chapter2　共有結合の結晶の性質

●共有結合の結晶の性質

共有結合は非常に強い結合であるため，共有結合の結晶は次のような性質をもつ。

(1) 融点が非常に高い

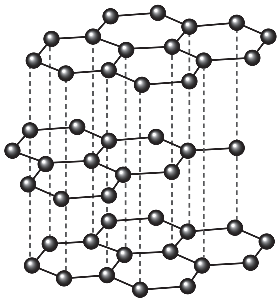
(2) 非常に硬い

(3) 水に溶けない

(4) 電気を通さない　　（例外：黒鉛※）

※黒鉛について

黒鉛は炭素C原子がもつ４つの価電子のうち，３つを共有結合に使って平面構造を作っている。残り１個の価電子は，この平面上を自由に動き回ることができるため電気を通す。また，平面は共有結合でできているが，**平面と平面の間はファンデルワールス力で結びついており層状構造になっている。ファンデルワールス力は弱い結合なので，層と層ははがれやすい。**



まとめ

共有結合の結晶の性質

・融点が(　　　　　　　　　　　　)

・非常に硬い

・水に(　　　　　　　　　　　　)

・(　　　　　　　　　　　　)以外は，電気を通さない

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の中から共有結合の結晶となるものをすべて選べ。

① 二酸化ケイ素　② ドライアイス　③ ケイ素

④ 黒鉛　⑤ ヨウ素

< Note >

第10講　PART1　確認問題

問　共有結合のみからなる結晶を共有結合の結晶という。共有結合の結晶には，ダイヤモンド，黒鉛，ケイ素，（　ア　），(a)炭化ケイ素の５つがある。また，共有結合は非常に強い結合であるため，(b)電気を通さない性質をもつが，例外として（　イ　）は電気を通す。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　塩化銀　②　ドライアイス　③　二酸化ケイ素　④　ナフタレン

(2)　文中の下線部(a)について，炭化ケイ素の化学式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　SiC　②　SiC_2　③　Si_2C　④　Si_2C_2

(3)　文中の（　イ　）にあてはまる物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ダイヤモンド　②　黒鉛　③　ケイ素　④　炭化ケイ素

(4)　文中の下線部(b)について，共有結合の結晶の性質には「電気を通さない」以外に３つの性質がある。次の①～④のうち，共有結合の結晶の性質に**該当しないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　非常に硬い　②　水に溶けにくい
③　融点が非常に高い　④　昇華性のあるものがある

(5)　共有結合の結晶に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　文中の５つを除き非金属元素のみからなる物質はすべて分子である。
②　共有結合の結晶は巨大分子といわれることがある。
③　ダイヤモンドと黒鉛は化学式が異なる。
④　共有結合の結晶の化学式は組成式で表記する。

< Note >

PART2 配位結合と錯イオン

目標　・配位結合と錯イオンについてしっかり押さえよう。

Chapter1　配位結合

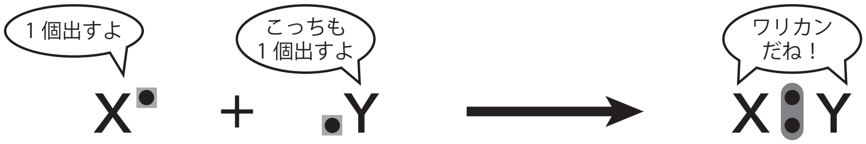
要点

配位結合

　一方の原子が他方の原子に非共有電子対を提供し，それを原子間で共有する結合

●配位結合をくわしく見てみる

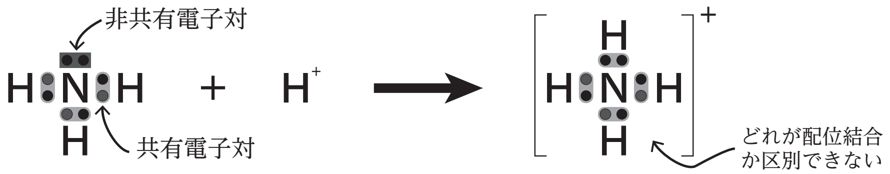
(1) 非金属元素の原子間でできる電子対は，**互いに不対電子を出し合い共有**する。



(2) (1)には特例がある。この特例は，電子に恵まれている原子（オクテットの原子）とそうでない原子が出あったときに起こる。このとき，**オクテットの原子が一方的に電子対を提供し結合する**。この結合を，配位結合とよぶ。

配位結合と共有結合は，互いの不対電子を共有するか，一方からすべて提供するかという電子の出どころが違うだけで，最終的に電子対を共有することは同じである。

したがって，**いったん配位結合が成立すると，共有結合と配位結合の区別はできない**。



まとめ

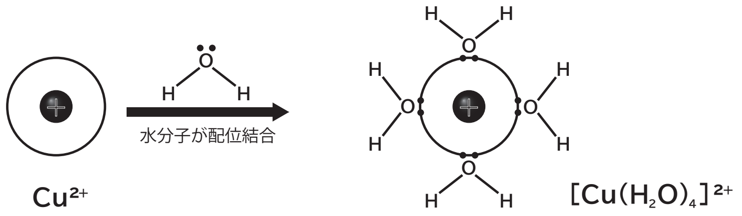
・一方の原子が非共有電子対を提供し，それを原子間で共有する結合を（　　　　　　）という。結合ができあがると共有結合と区別することができない。

Chapter2　錯イオン

要点

錯イオン

金属元素の陽イオンに，非共有電子対をもつ陰イオンや分子が配位結合することでできるイオン



配位子

配位結合で非共有電子対を提供するイオンや分子

●配位子の種類

分子やイオンが配位子としてはたらいているときは，特別な名前でよぶ。

例　NH_3：化合物名「アンモニア」　配位子名「アンミン」

配位子	NH_3	OH^-	H_2O	CN^-	$S_2O_3^{2-}$
名称	アンミン	ヒドロキシド	アクア	シアニド	チオスルファト

●錯イオンの名称

以下のルールに従って名前をつける

「**配位子の数＋配位子名＋金属名**（金属イオンの価数）＋**酸**（陰イオンのみつける）＋**イオン**」

例　$[Zn(OH)_4]^{2-}$　：テトラヒドロキシド亜鉛 (Ⅱ) 酸イオン

まとめ

金属の陽イオンに非共有電子対をもつ陰イオンや分子が配位結合することでできるイオンを（　　　　　　　　　）という。また，非共有電子対を提供したイオンや分子を（　　　　　　）という。

Chapter3　演習問題

問　NH_4Cl（塩化アンモニウム）に含まれる原子間の結合には，どのような種類の結合があるか。すべて答えよ。

< Note >

第 10 講　PART2　確認問題

問　一方の原子が（　ア　）を提供してそれを原子間で共有する結合を(a)配位結合という。配位結合は一度形成されると（　イ　）と区別することができない。また，金属元素の陽イオンに（　ア　）をもつ陰イオンや分子が配位結合することでできるイオンを錯イオンといい，このとき（　ア　）を提供したイオンや分子を(b)配位子という。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　不対電子　　②　共有電子対　　③　非共有電子対

(2)　文中の下線部(a)について，次の①～④のうち，原子間に配位結合が**形成されていないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　H_3O^+　　②　$[Al(OH)_4]^-$　　③　OH^-　　④　NH_4^+

(3)　文中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　共有結合　　②　イオン結合　　③　分子間力　　④　金属結合

(4)　文中の下線部(b)について，錯イオン $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ の配位子として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Cu^{2+}　　②　NH_3　　③　N　　④　H

(5)　次の①～④の錯イオンのうち，ジシアニド銀（Ⅰ）酸イオンはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$[Pb(OH)_4]^{2-}$　　②　$[Ag(CN)_2]^-$

③　$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$　　④　$[Ag(NH_3)_2]^+$

⑹ 錯イオン $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ の名称として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① テトラシアニド亜鉛（Ⅱ）酸イオン

② テトラヒドロキシド亜鉛（Ⅱ）酸イオン

③ テトラアクア銅（Ⅱ）イオン

④ テトラアンミン亜鉛（Ⅱ）イオン

PART3 高分子化合物

目標　・高分子化合物とはどんなものなのか，しっかり理解しよう。

Chapter1　高分子化合物

要点

高分子化合物

一般的に分子量が 10,000 以上の大きな化合物のこと。小さな分子が繰り返し共有結合でつながってできており，この小さな分子を**単量体（モノマー）**，単量体が繰り返しつながって生じる高分子化合物を**重合体（ポリマー）**という。

天然高分子化合物

天然に存在している高分子化合物。

例　デンプン，タンパク質など

合成高分子化合物

人工的に合成される高分子化合物

例　ナイロン，ポリエステルなど

重合

単量体が繰り返し結合する反応を**重合**という。

まとめ

・分子量が 10,000 以上の化合物を（　　　　　　）という。天然に存在する（　　　　　　），人工的に合成される（　　　　　　）がある。
これらは小さな分子が繰り返しつながってできており，この小さな分子を（　　　　），小さな分子が繰り返しつながってできたものを（　　　　）という。

Chapter2　重合の種類

要点

重合の種類には次のようなものがある。

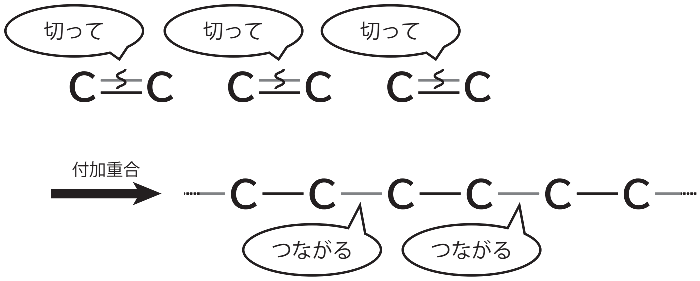
付加重合

単量体が炭素 C 原子間に二重結合（C ＝ C）をもつとき，二重結合の 2 本の結合のうち 1 本を開いて別の単量体と共有結合を作って重合すること。

縮合重合

単量体と単量体の間から，水 H_2O のような**小さな分子が取れて**単量体間で共有結合を作って重合すること。

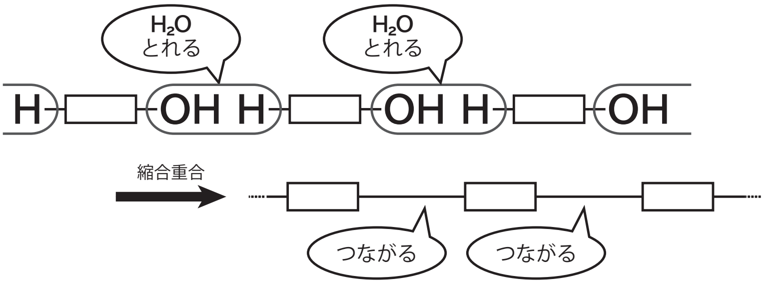
●付加重合



・付加重合による合成高分子化合物の代表例

名称 〔略号〕	原料 〔単量体〕	用途
ポリエチレン（PE）	エチレン $CH_2{=}CH_2$	ポリ袋
ポリプロピレン（PP）	プロペン $CH_2{=}CH{-}CH_3$	食品用容器 洗面器
ポリスチレン（PS）	スチレン $CH_2{=}CH{-}C_6H_5$	緩衝材
ポリ塩化ビニル（PVC）	塩化ビニル $CH_2{=}CHCl$	消しゴム 水道管

●縮合重合



・ 縮合重合による合成高分子化合物の代表例

名称 〔略号〕	原料 〔単量体〕	用途
ポリエチレンテレフタラート（PET）	エチレングリコール HO—CH_2—CH_2—OH テレフタル酸 HOOC—C_6H_4—COOH	清涼飲料水の容器 衣料品
ナイロン 66（PA）	ヘキサメチレンジアミン H_2N—$(CH_2)_6$—NH_2 アジピン酸 HOOC—$(CH_2)_4$—COOH	衣料品 釣り糸

まとめ

単量体が C=C 結合をもつとき，二重結合のうち 1 本を開いて別の単量体と重合することを（　　　　　　　），単量体と単量体の間から小さい分子が取れて，単量体どうしが重合することを（　　　　　　　）という。

Chapter3　演習問題

問　次の①～⑤の高分子化合物のうち，付加重合によって合成される合成高分子化合物をすべて選べ。

① ポリエチレンテレフタラート　② ポリスチレン　③ ポリエチレン
④ ナイロン 66　⑤ ポリ塩化ビニル

第 10 講　PART3　確認問題

問　一般的に分子量が（　ア　）以上の化合物を高分子化合物といい，天然に存在する(a)天然高分子化合物と人工的に合成される合成高分子化合物に分類できる。高分子化合物は小さな分子が繰り返し（　イ　）でつながってできており, この小さな分子を単量体といい，単量体が繰り返し結合する反応を重合という。重合には付加重合と縮合重合があり，付加重合で合成される高分子化合物には(b)ポリスチレンなどが，縮合重合で合成される高分子化合物には(c)ナイロン 66 などがある。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　100　　②　1000　　③　10000　　④　100000

(2)　文中の下線部(a)について，次の①～④のうち，天然高分子化合物はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　テレフタル酸　　②　デンプン　　③　ナイロン　　④　ポリエステル

(3)　文中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　イオン結合　　②　金属結合　　③　分子間力　　④　共有結合

(4)　文中の下線部(b)について，ポリスチレンの用途として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ポリ袋　　②　ペットボトル　　③　緩衝材　　④　消しゴム

(5)　文中の下線部(c)について，次の①～③のうち，ナイロン 66 の**原料でないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　エチレングリコール　　②　ヘキサメチレンジアミン　　③　アジピン酸

(6)　次の①～④のうち，縮合重合によって合成される高分子化合物はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　ポリエチレンテレフタラート　　②　ポリプロピレン

③　ポリエチレン　　④　ポリ塩化ビニル

第11講　金属・化学結合と物質の分類
PART1　金属結合と金属

目標　・金属結合とその性質を押さえよう。

Chapter1　金属結合

要点

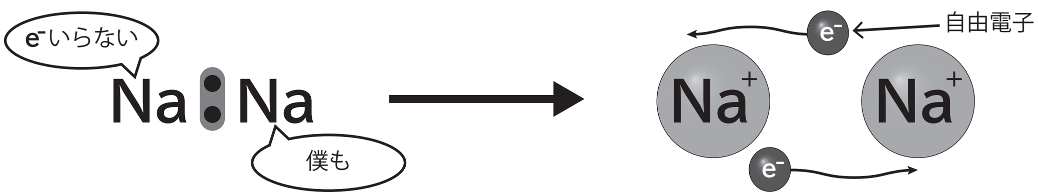
金属結合

金属元素の原子間にできる結合。金属の陽イオンと自由電子による結合。

例　ナトリウム（Na）

(1)　ナトリウム Na 原子どうしが不対電子を出しあって結合

(2)　電気陰性度が小さい金属元素は電子対を引きつけようとしないため，電子はどちらの原子のものにもならず，**自由電子**として自由に動き回る。



このようにしてできる「金属の陽イオンと自由電子による結合」が金属結合である。

まとめ

金属元素の原子間にできる結合を（　　　　　）結合という。

これは，金属の（　　　　　　　）と（　　　　　　　）による結合である。

Chapter2　金属結晶とその性質

要点

金属結晶

金属の単体は全て金属結晶で，**化学式は組成式**となる。

●金属結晶の性質

(1)　**電気をよく通す（電気伝導性）**

金属のように電気を通すものを**導体**，電気を通さないものを**絶縁体**，中間の性質をもつものを**半導体**（太陽電池や LED，集積回路などに利用。 例 ケイ素 Si，ゲルマニウム Ge）という。

また，金属の電気伝導性は温度が高いほど小さくなる。金属の中には低温で電気抵抗が 0 になるものがあり，この現象を**超電導**という。リニアモーターカーは超電導を利用している。

(2)　**熱をよく通す（熱伝導性）**

(3)　**延性・展性がある**

延性：引っ張ると延びる性質　（例 針金）

展性：力を加えると平べったくなる　（例 アルミ箔）

(4)　**金属光沢がある**

まとめ

・金属は電気をよく通す（　　　　　　）性，熱をよく通す（　　　　　　）性，形が自由に変えられる（　　　）性･（　　　）性，金属特有の（　　　　）がある。

・また，金属のように電気を通すものを（　　　　），通さないものを（　　　　　），その中間の性質をもつものを（　　　　　）という。

Chapter3　身の回りの金属

●身の回りの金属とその性質

組成式と名称	用途や性質など
Fe 鉄	鉄道のレール，建築物の鉄鋼などに採用されている。
Al アルミニウム	空気中に放置すると表面に酸化被膜がつくられ，内部が保護された状態になる。この膜を人工的につくったものを**アルマイト**とよび，アルミサッシや合金に利用されている。
Cu 銅	電気や熱を通しやすいため，導線や調理器具として利用されている。長期間湿った空気中に放置すると，**緑青**(ろくしょう)という緑色のさびを生じる。神社や城郭の屋根などにみられる。
Ag 銀	金属元素の中では，電気伝導性・熱伝導性が最も高い。 食器や装飾品として利用されている。
Au 金	代表的な貴金属で，金属元素の中で，延性・展性が最も高い。 装飾品だけでなく電子機器の材料としても利用されている。
Hg 水銀	常温・常圧で，単体が液体で存在できる唯一の金属。 多くの金属と合金をつくる。この合金を**アマルガム**という。

Chapter4　合金

●合金

要点

合金

複数の金属を融解させて混ぜ合わせ，凝固させたもの

合金の種類と性質

名称	含まれるおもな金属	性質	用途
ステンレス鋼	Fe　Cr　Ni	さびにくい	台所用品・工具
青銅（ブロンズ）	Cu　Sn	優れた鋳造性	硬貨・美術工芸品
黄銅（真ちゅう）	Cu　Zn	加工しやすい	硬貨・家庭用器具・楽器
ジュラルミン	Al　Cu　Mg　Mn	軽くて丈夫	航空機の機体

Chapter5　演習問題

問　次の文は，金属の性質について述べた文章である。次の性質をもつ金属を，それぞれ元素記号で答えよ。

(1)　電気伝導性，熱伝導性が最も大きい金属。

(2)　常温・常圧で単体が液体で存在できる金属。

(3)　延性・展性が最も大きい金属。

第11講　PART1　確認問題

問　金属の陽イオンと自由電子によって金属元素の原子間にできる結合を金属結合という。金属結合によって多数の金属原子が結合してできる結晶は金属結晶と呼ばれ，金属結晶には，電気をよく通す，熱をよく通す，(a)延性・展性がある，金属光沢がある，という性質がある。また，複数の金属を融解させて混ぜ合わせ，凝固させたものを合金といい，(b)ジュラルミンや青銅（ブロンズ）などが例としてあげられる。

(1)　文中の下線部(a)について，延性・展性が最も高い金属として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　銀　　②　金　　③　鉄　　④　銅

(2)　文中の下線部(b)について，ジュラルミンに含まれるおもな金属に**該当しないもの**はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　亜鉛　　②　銅　　③　マンガン　　④　マグネシウム

(3)　アマルガムと呼ばれる合金を多くの金属とつくる金属はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　銀　　②　亜鉛　　③　ニッケル　　④　水銀

(4)　アルミニウムの性質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　長期間湿った空気中に放置すると，緑青という緑色のさびを生じる。
②　空気中に放置すると表面に酸化被膜がつくられて内部が保護される。
③　金属元素の中で電気伝導性・熱伝導性が最も高い。
④　常温・常圧で，単体が液体で存在できる。

(5)　金属に関する記述として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　金属のように電気を通すものを導体という。
②　青銅（ブロンズ）にはスズが含まれている。
③　金属の電気伝導性は温度が高いほど大きくなる。
④　主に銅と亜鉛が含まれている合金は黄銅（真ちゅう）である。

< Note >

PART2 化学結合と物質の分類

目標　・化学式を見たらその物質の結晶の種類と性質を答えられるようになろう。

Chapter1　化学結合と物質の分類

●物質の分類

	イオン結晶	共有結合の結晶	分子結晶	金属結晶
物質の例	塩化ナトリウム 水酸化カルシウム	ダイヤモンド 黒鉛 二酸化ケイ素	水 二酸化炭素 ヨウ素	ナトリウム 鉄 銅
構成元素	**金属＋非金属**	**非金属のみ** （ごく一部）	**非金属のみ** （共有結合の結晶以外）	**金属のみ**
結合をつくる粒子	陽イオン ＋ 陰イオン	原子	分子	陽イオン ＋ 自由電子
結合	イオン結合	共有結合	原子間：**共有結合** 分子間：**分子間力**	金属結合
化学式	組成式	組成式	分子式	組成式
融点	高い	**非常に高い**	低い	低い〜高い
電気伝導性	固体：**なし** 液体：**あり**	なし （黒鉛のみあり）	なし	**あり**
そのほかの性質	硬いがもろい	非常に硬い	**昇華性をもつものがある**	**延性・展性がある**

Chapter2　演習問題

問　次の(1)~(4)の物質の結晶について，**【結晶の種類】**と，結晶の**【性質】**をそれぞれ選び記号で答えよ。ただし，**【結晶の種類】**については複数ある場合は複数選んでよい。

(1)　水酸化カリウム　　(2)　炭化ケイ素

(3)　鉄　　(4)　ヨウ素

【結晶の種類】

① イオン結晶　② 共有結合の結晶　③ 分子結晶

④ 金属結晶

【性質】

A　融点が高く，硬いがもろい。

B　融点が非常に高く，非常に硬い。

C　融点が低く，昇華性をもつものがある。

D　延性・展性をもつ。

第11講 PART2 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 次の①～④の物質のうち，共有結合の結晶に該当するものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① 炭酸カルシウム ② 黒鉛 ③ ナトリウム ④ ナフタレン

(2) 次の①～④の物質のうち，分子結晶に該当するものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① ドライアイス ② 水銀 ③ 二酸化ケイ素 ④ 塩化ナトリウム

(3) イオン結晶の性質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 非常に硬い。
② 昇華性をもつものがある。
③ 延性・展性がある。
④ 硬いがもろい。

(4) 次の①～④の結晶のうち，化学式を組成式で**表さないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① イオン結晶 ② 共有結合の結晶 ③ 分子結晶 ④ 金属結晶

(5) 次の①～④の結晶のうち，価電子が自由電子として自由に動き回ることができるものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① イオン結晶 ② 共有結合の結晶 ③ 分子結晶 ④ 金属結晶

(6) 次の①～④の結晶のうち，固体では電気を通さないが液体では電気を通す性質をもつものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① イオン結晶 ② 共有結合の結晶 ③ 分子結晶 ④ 金属結晶

(7) 次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 硫酸アンモニウムには共有結合，配位結合，イオン結合が形成されている。

② ダイヤモンドは電気を通す。

③ 共有結合の結晶はすべて非金属元素のみから構成されている。

④ ヨウ素には昇華性がある。

第 12 講　原子量・分子量・式量

PART1　原子量・分子量・式量

目標　・原子量・分子量・式量とは何か，しっかりと理解しよう。

Chapter1　相対質量

要点

相対質量

炭素 ^{12}C 原子の質量を基準として相対的に表した質量。

^{12}C 原子の質量 1.9926×10^{-23}g を 12 と定め, 他の原子の相対質量は「その何倍か」で表す。

	^{12}C（基準）	^{1}H	^{2}H
質量	1.9926×10^{-23}g	1.6735×10^{-24}g	3.3445×10^{-24}g
相対質量	12	x	y

$(1.9926 \times 10^{-23}) : (1.6735 \times 10^{-24}) = 12 : x$　　$x = 1.0078$（^{1}H の相対質量）

$(1.9926 \times 10^{-23}) : (3.3445 \times 10^{-24}) = 12 : y$　　$y = 2.0141$（^{2}H の相対質量）

このようにして求めた相対質量は質量数とほぼ一致するため，大まかに比較したり計算したりするときは**質量数**，正確に計算するときは**相対質量**を用いる。

まとめ

・炭素 ^{12}C 原子の質量を基準として相対的に表した質量を（　　　　　　　　）という。

・^{12}C 原子の質量 1.9926×10^{-23}g を（　　　　　）と定め, 他の原子の相対質量は「その何倍か」で表す。

・相対質量は（　　　　　　　　）とほぼ一致する。

Chapter2　原子量

要点

元素の原子量

同位体の相対質量の平均値。

●原子量（元素の原子量）の考え方

同位体の相対質量の平均値。

例　^{1}H 原子（相対質量 1.0078，存在比 99.9885%）

^{2}H 原子（相対質量 2.0141，存在比 0.0115%）

このとき H 原子の原子量はどうなるか？

考え方

$$1.0078 \times \frac{99.9885}{100} + 2.0141 \times \frac{0.0115}{100} = \underline{1.008}$$

この平均値が水素 H 元素の原子量であり，周期表の元素記号の下に表記されている数値となる。

ただし，一般的に化学の計算では概数値を用いる。

したがって，

水素 H 元素の原子量　1.008　→　概数値　1.0　となる。

元素の原子量

同位体同士は，質量が異なるだけで化学的な性質は同じであるため，通常は区別せず元素として扱う。

例　^{1}H 原子，^{2}H 原子　→　まとめて水素 H（元素）として扱う

まとめ

・^{1}H 原子と ^{2}H 原子をまとめて水素 H として扱うように，同位体をまとめてひとくくりにしたものを（　　　　　　）という。

・同位体の相対質量の平均値で表したものを（　　　　　　）という。

Chapter3　分子量

要点

分子量※

分子式を構成する元素の原子量の総和。

※非金属元素のみからなり，共有結合の結晶以外の物質が「分子」である

例 分子式 CO_2 の分子量は？ （C の原子量 12，O の原子量 16）

分子量は構成元素の原子量の和であることから次のように表すことができる。

$12 + 16 \times 2 = \underline{44}$

まとめ

・(　　　　　　　) 元素のみからなり，共有結合の結晶以外の物質は分子になる。

・分子式を構成する元素の原子量の総和を（　　　　　　　）という。

Chapter4　式量

要点

式量

組成式※を構成する元素の原子量の総和。

※分子になる物質以外の化学式は「組成式」とよぶ

例 組成式 NaOH の式量は？ （H の原子量 1.0，O の原子量 16，Na の原子量 23）

式量は構成元素の原子量の和であることから次のように表すことができる。

$23 + 16 + 1 = \underline{40}$

まとめ

・(　　　　　) になる物質以外の化学式を組成式という。

・組成式を構成する元素の原子量の総和を（　　　　　）という。

Chapter5　演習問題

問　塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の同位体があり，3：1 の比で存在している。塩素 Cl の原子量はいくらになるか。小数第 1 桁まで求めよ。
ただし，相対質量は質量数と等しいものとする。

第12講　PART1　確認問題

問　（　ア　）原子の質量を基準として相対的に表した質量を相対質量という。相対質量は質量数とほぼ一致していることから，計算の精密さに応じて使い分けられている。同位体の相対質量の平均値は原子量と呼ばれ，分子式を構成する元素の原子量の総和を(a)分子量，組成式を構成する元素の原子量の総和を(b)式量という。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　水素 ^{1}H　　②　水素 ^{2}H　　③　炭素 ^{12}C　　④　炭素 ^{13}C

(2)　文中の下線部(a)について，分子式 H_2SO_4 の分子量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，H の原子量は 1.0，O の原子量は 16，S の原子量は 32 とする。

①　66　　②　82　　③　98　　④　146

(3)　文中の下線部(b)について，組成式 Na_2CO_3 の式量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，C の原子量は 12，O の原子量は 16，Na の原子量は 23 とする。

①　83　　②　90　　③　98　　④　106

(4)　銅には ^{63}Cu と ^{65}Cu の同位体があり，^{63}Cu の存在比は 70%，^{65}Cu の存在比は 30% である。銅の原子量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，相対質量は質量数と等しいものとする。

①　63.0　　②　63.6　　③　64.4　　④　65.0

(5)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。ただし，Hの原子量は1.0，Nの原子量は14，Oの原子量は16，Naの原子量は23，Clの原子量は35.5，Kの原子量は39とする。

①　水の分子量は18である。

②　塩化ナトリウムの式量は58.5である。

③　硝酸カリウムの分子量は101である。

④　アンモニアの分子量は17である。

第13講 物質量
PART1 アボガドロ数と物質量

目標 ・物質量とは何かを理解し，計算できるようになる。

Chapter1 アボガドロ数

要点

アボガドロ数

炭素 ^{12}C 原子 12g に含まれる ^{12}C 原子の数。

^{12}C 原子 1 個の質量は 1.9926×10^{-23}g であるため，^{12}C 原子 12g 中に含まれる ^{12}C 原子の数，すなわちアボガドロ数は次のようになる。

$$\frac{12\ (\mathrm{g})}{1.9926 \times 10^{-23}\ (\mathrm{g})} = \underline{6.02 \times 10^{23}}$$

まとめ

・炭素 ^{12}C 原子 12g に含まれている ^{12}C 原子の数は（　　　　　　　）であり，これを（　　　　　　　　　）という。

Chapter2 物質量とアボガドロ定数

要点

物質量（mol）

mol という単位で表す物質の量。**6.02×10^{23} 個を 1 mol（モル）とする。**

アボガドロ定数（N_A）

1mol に含まれている個数 6.02×10^{23} をアボガドロ定数 N_A といい，単位は「1mol あたり」という意味の（/mol）で表す。

個数を表す単位であることを徹底する！

抵抗がある人は「12 本＝ 1 ダース」と同じ感覚で扱ってみよう。

●ダースの計算

鉛筆　12本　→　1ダース

3ダースなら　　$12 \times 3 = 36$ 本

● molの計算

原子　6.02×10^{23} 個　→　1mol

3molなら　　$6.02 \times 10^{23} \times 3 = 1.806 \times 10^{24}$ 個

まとめ

・mol（モル）という単位で表す物質の量を（　　　　　）といい，1mol＝（　　　　　）個である。

・この1molあたりの数を（　　　　　　　　）といい，単位は（/mol）と表す。

Chapter3　モル質量

要点

モル質量

1molあたりの質量。単位は（g/mol）。**モル質量は原子量，分子量，式量と一致**する。

例　分子式 CO_2 のモル質量は？　（Cの原子量12，Oの原子量16）

分子量と一致するため，次のように表すことができる。

$12+16 \times 2=\underline{44}$　　よってモル質量は $\boxed{44\text{g/mol}}$

まとめ

・1molあたりの質量を（　　　　　）といい，単位は（　　　　）で表す

・モル質量は（　　　　），（　　　　），（　　　　）と一致する。

Chapter4　演習問題

問　次の(1)～(3)の物質のモル質量をそれぞれ求めよ。ただし，原子量はそれぞれ，H:1.0，O：16，Na：23，Cl：35.5とする。

(1) 水　　(2) ナトリウム　　(3) 塩化ナトリウム

第 13 講　PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。ただし，原子量はそれぞれ H：1.0，C：12，N：14，O：16，Al：27，S：32，Ca：40 とする。

(1)　ある原子の物質量が 1.00×10^{-2} mol であるとき，この原子の個数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，アボガドロ定数 N_A は 6.02×10^{23}/mol とする。

①　6.02×10^{21} 個　　②　6.02×10^{22} 個

③　6.02×10^{24} 個　　④　6.02×10^{25} 個

(2)　ある原子が 3.01×10^{24} 個あったとする。この原子の物質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，アボガドロ定数 N_A は 6.02×10^{23}/mol とする。

①　0.200 mol　　②　0.500 mol　　③　2.00 mol　　④　5.00 mol

(3)　水酸化カルシウムのモル質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　40 g/mol　　②　57 g/mol　　③　74 g/mol　　④　91 g/mol

(4)　モル質量が 34g/mol の物質として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　アンモニア　　②　アルミニウム　　③　二酸化炭素　　④　硫化水素

(5)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　メタンの方が水よりもモル質量が大きい。

②　炭素 ^{12}C 原子 12g に含まれる ^{12}C 原子の数をアボガドロ数という。

③　炭酸のモル質量は 62g/mol である。

④　モル質量は原子量，分子量，式量と一致する。

< Note >

PART2 気体の体積と物質量

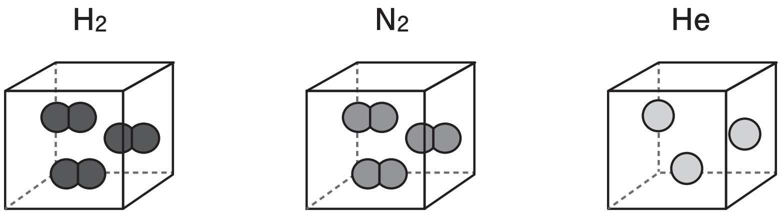
目標　・気体の体積と物質量の関係を理解しよう。

Chapter1　アボガドロの法則とモル体積

要点

アボガドロの法則

同温・同圧のもとで，**同じ体積の気体には，気体の種類によらず同じ数の分子が含まれる**。

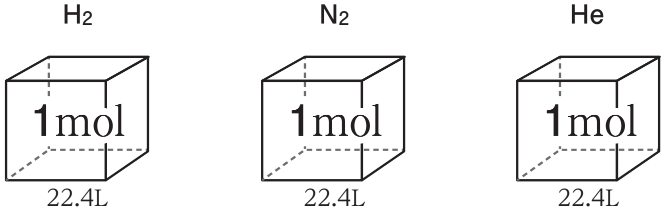


数を表す単位が mol であるため，上述のアボガドロの法則にある「同じ数の分子」は「同じ mol」と置き換えることができる。
すなわち，どんな気体でも「体積が同じなら含まれる物質量が同じ」「物質量が同じなら体積が同じ」ということ。

要点

標準状態における気体の体積

標準状態（0℃, 1.013 × 10^5Pa）※では，どんな気体でも「**1mol の体積は 22.4L**」となる。
※基本的に，化学基礎では気体は標準状態で扱う



モル体積

気体 1mol あたりの体積。**単位は（L/mol）。標準状態のモル体積は 22.4（L/mol）**。

まとめ

・「同温・同圧のもとでは，同じ体積の気体には，気体の種類によらず同じ数の分子が含まれている」。これを（　　　　　　　　　　　）という。
・0℃，1.013×10^5Pa の状態を表す（　　　　　　）では，気体 1mol の体積は（　　　　）L である。

Chapter2　気体の密度と分子量

要点

気体の密度

通常 1L あたりの質量（g/L）で表す。

例 二酸化炭素 CO_2 の密度　1.96（g/L）

●気体の密度と分子量の関係

気体の密度（1L あたりの質量）を 22.4 倍すると，22.4L あたりの質量，すなわち 1mol あたりの質量（モル質量）になる。

モル質量は分子量と一致するため，気体の密度を 22.4 倍すると，その気体の分子量を求めることができる。

気体の密度　×　22.4　＝　モル質量（分子量）
（g/L）　（L/mol）　（g/mol）

以上より，**気体の密度と分子量は比例**関係にあることがわかる。すなわち，「**密度が大きい気体は分子量が大きい**」といえる。

例 水素 H_2（分子量 2）と酸素 O_2（分子量 32）では H_2 のほうが，密度が小さい。

まとめ

・気体の密度は（　　　　　）という単位で表す。
・気体の密度を（　　　　）倍すると，その気体の（　　　　　　　　　　）を求めることができる。

Chapter3　混合気体の分子量

要点

混合気体

2種類以上の気体が混合した気体。

例 空気は窒素 N_2 や酸素 O_2 などからなる混合気体

見かけの分子量（平均分子量）

混合している気体の分子量の平均値。

例 空気の平均分子量

空気は窒素 N_2（分子量28）と酸素 O_2（分子量32）が4：1で混合しているとする

$$28 \times \frac{4}{5} + 32 \times \frac{1}{5} = \underline{28.8}$$

まとめ

・2種類以上の気体が混合したものを（　　　　　　　）といい，分子量は混合している気体の分子量の平均値で表す。

・混合気体の分子量の平均値を（　　　　　　　　　）という。

Chapter4　演習問題

問　次の①～⑤の気体のうち最も密度が大きい気体を一つ選べ。ただし，原子量は H：1.0，C：12，N：14，O：16，S：32，Cl：35.5とする。

①　窒素　　②　二酸化炭素　　③　二酸化硫黄　　④　塩素　　⑤　硫化水素

＜ Note ＞

第 13 講 PART2 確認問題

問 同温・同圧のもとでは，同じ体積の気体には気体の種類によらず同じ数の分子が含まれる。これをアボガドロの法則といい，標準状態（(　ア　) ℃，1.013×10^5 Pa）ではどんな気体でも 1 mol の体積は 22.4 L になる。また, 気体の密度は 1L あたりの質量 (g/L) で表されることが一般的であり，気体の密度を 22.4 倍することでその気体の（　イ　）を求めることができる。

(1) 文中の（　ア　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 0　② 27　③ 50　④ 100

(2) 文中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① モル体積　② モル質量　③ 物質量　④ 圧力

(3) 4.00 mol の窒素の標準状態における体積として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 5.6 L　② 8.96 L　③ 56 L　④ 89.6 L

(4) 標準状態で 11.2L の塩素がある。この塩素の物質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 0.200 mol　② 0.500 mol　③ 2.00 mol　④ 5.00 mol

(5) 次の①～④の気体のうち，密度が最も小さいものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。ただし，原子量はそれぞれ H : 1.0，N : 14，O : 16，F : 19，Cl : 35.5 とする。

① フッ素　② 酸素　③ 二酸化窒素　④ 塩化水素

(6) 水素と酸素が物質量比 2：3 で混合している混合気体があるとする。この混合気体の見かけの分子量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，原子量はそれぞれ H：1.0，O：16 とする。

① 7　② 10　③ 14　④ 20

PART3　物質量の計算

目標　・物質量に関する計算を徹底して克服しよう

Chapter1　物質量の計算の基本

原子量 H:1.0，C:12，N:14，O:16，Na:23，Cl:35.5，Fe:56

要点

1 mol ＝ $\underline{6.0 \times 10^{23}}$ 個

＝（原子量・分子量・式量）g

＝ 22.4L※　　※標準状態の気体のみ

・mol を右の単位（個・g・L）に変えるとき → 下線部の数値をかける

・右の単位（個・g・L）を mol に変えるとき → 下線部の数値で割る

問　以下の問いに答えよ。

(1)　水分子 2.4×10^{24} 個は何 mol か。

(2)　塩化物イオン 1.2mol は何 g か。

(3)　標準状態の酸素 33.6L は何 mol か。

(4)　アンモニア 3.4g は標準状態で何 L か。

(5)　鉄 Fe28g に含まれる鉄原子は何個か。

(6)　標準状態の二酸化炭素 5.6L に含まれる酸素原子は何個か。

(7)　水素原子が 2.0×10^{23} 個含まれているメタンは何 g か。

Chapter2　気体の密度

要点

標準状態において 1mol の気体は 22.4L であり，その質量は（気体の分子量）g である。

よって，次の式が成立する。

気体の密度（g/L）× 22.4（L/mol）＝ 気体の分子量（g/mol）

問　以下の問いに答えよ。

(1)　標準状態における二酸化炭素の密度は何 g/L か。

(2)　標準状態における密度 1.34 g/L の気体の分子量はいくらか。

(3)　次の気体の中で，密度が最大のものを一つ選べ。

①　酸素　　②　窒素　　③　アンモニア　　④　エタン（C_2H_6）

⑤　プロパン（C_3H_8）

Chapter3　モル質量

要点

「原子量」「分子量」「式量」は 1 mol の質量を表しているため，「モル質量」ともいわれる。どんな表現で与えられても対応できるよう「質量を表している」という意識をしっかりともっておこう。

モル質量（g/mol）＝ 原子量・分子量・式量

問　メタンと二酸化炭素が等しい物質量で含まれている混合気体がある。標準状態において，この混合気体とある気体を同体積で比較したところ，同じ質量であった。ある気体として最も適当なものを，次の①～⑤の中から一つ選べ。

①　酸素　　②　窒素　　③　アンモニア　　④　エタン　　⑤　プロパン

第13講　PART3　確認問題

問　次の各問いに答えよ。ただし，原子量は H：1.0，C：12，N：14，O：16，F：19，S：32，Cl：35.5 とし，アボガドロ定数 N_A は 6.0×10^{23}/mol とする。

(1)　標準状態で 8.96 L のアンモニアは何 mol になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.25 mol　②　0.40 mol　③　2.5 mol　④　4.0 mol

(2)　塩素分子 1.2×10^{23} 個の標準状態での体積として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1.12 L　②　4.48 L　③　11.2 L　④　44.8 L

(3)　54g の水に含まれている水素原子の個数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　1.8×10^{23} 個　②　3.6×10^{23} 個　③　1.8×10^{24} 個　④　3.6×10^{24} 個

(4)　標準状態における塩化水素の密度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.163 g/L　②　0.614 g/L　③　1.63 g/L　④　6.14 g/L

(5)　次の①～④の気体のうち，密度が最小のものはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　二酸化炭素　②　硫化水素　③　エタン　④　フッ素

(6)　2 種類の気体からなる混合気体がある。標準状態において，この混合気体と酸素を同体積で比較したところ，質量が同じであった。このとき，混合気体に含まれる気体として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，混合気体中の気体の物質量は互いに等しいものとする。

①　プロパンと窒素　②　メタンと二酸化窒素

③　エタンと硫化水素　④　水素と二酸化硫黄

< Note >

第 14 講　溶液の濃度
PART1　溶液の濃度

目標　・濃度の計算がスラスラできるようになろう。

Chapter1　溶解と溶液

要点

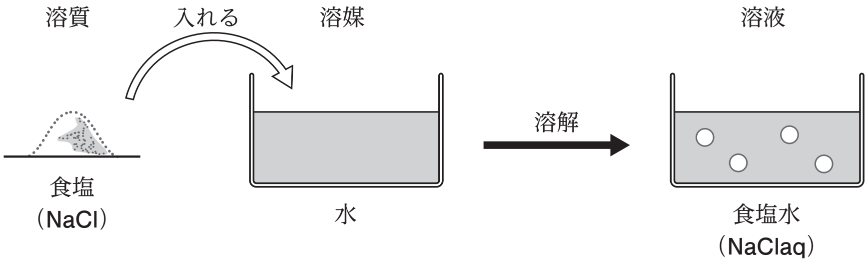
溶解と溶液

物質が溶けて均一な溶液になることを**溶解**という。

また，溶けている物質を**溶質**，物質を溶かしている液体を**溶媒**，溶質と溶媒からなる液体を**溶液**という。

例　塩化ナトリウム水溶液（食塩水）

溶質：塩化ナトリウム（食塩），溶媒：水，溶液：塩化ナトリウム水溶液（食塩水）



●溶液の名称

溶液の名称は「**溶質＋溶媒＋溶液**」となる。

例
- ・溶質：塩化ナトリウム
- ・溶媒：水　→　名称「塩化ナトリウム 水 溶液」

- ・溶質：ヨウ素
- ・溶媒：四塩化炭素　→　名称「ヨウ素 四塩化炭素 溶液」

●溶解のきまり

物質の溶解は**「似たものどうし」で起こる**。

例　塩化ナトリウム（イオン結晶）は水（極性をもつ）に溶解

ヨウ素（極性をもたない）は四塩化炭素（極性をもたない）に溶解

まとめ

・物質が溶けて均一な溶液になることを（　　　　）という。
・溶けている物質を（　　　　），物質を溶かしている液体を（　　　　），溶質と溶媒からなる液体を（　　　　）という。

Chapter2　溶液の濃度（質量パーセント濃度）

化学反応に関わるのは溶液の中の溶質であるため，「溶液に対して溶質がどのくらいの割合で存在しているか」が重要になる。
この「溶液に対する溶質の割合」を表したものが**濃度**である。

要点

質量パーセント濃度
「溶液の質量（g）に対する溶質の質量（g）の割合」をパーセント（%）で表したもの。

$$\text{質量パーセント濃度（\%）} = \frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶液の質量 (g)}} \times 100$$

●質量パーセント濃度と溶液の密度

質量パーセント濃度では溶液の質量（g）を使用するが，通常，液体は体積ではかり取るため，問題で与えられるデータは「溶液の体積」であることが多い。

例　塩化ナトリウム水溶液 125mL

よって，質量パーセント濃度を考えるには，与えられた体積を質量に変える必要がある。
そのとき使うのが溶液の密度（体積あたりの質量）である。
以下のように，与えられた体積に密度をかけて質量に変換しよう。

溶液の体積　×　溶液の密度　＝　溶液の質量
（mL）　（g/cm^3 または g/mL）※　（g）

※ cm^3 と mL は同じ

例 密度が1.1g/mLの塩化ナトリウム水溶液125mLの質量は何gになるか。

125（mL）× 1.1（g/mL）= 137.5（g）

●質量パーセント濃度から溶質の質量を求める

以下のように，質量パーセント濃度から溶質の量を求めることができる。

$$\textbf{溶液の質量（g）} \times \frac{\textbf{質量パーセント濃度}}{\textbf{100}} = \textbf{溶質の質量（g）}$$

例 濃硫酸（98%，1.8g/cm^3）100mLに含まれている硫酸は何gになるか。

溶液の質量は100（mL）× 1.8（g/mL）= 180（g）なので

$$180\text{（g）} \times \frac{98}{100} = 176.4\text{（g）。}$$

まとめ

・質量パーセント濃度（%）$= \dfrac{(\qquad\qquad)\text{の質量(g)}}{(\qquad\qquad)\text{の質量(g)}} \times 100$

・溶液のデータを体積で与えられたときは（　　　　　　　　　）をかけて質量に変換する。

Chapter3　溶液の濃度（モル濃度）

要点

モル濃度

「溶液の体積（L）に対する溶質の物質量（mol）の割合」を表したもの。

$$\textbf{モル濃度（\%）} = \frac{\textbf{溶質の物質量(mol)}}{\textbf{溶液の体積（L）}}$$

例　塩化ナトリウム（式量 58.5）25.0g を水に溶かして 100mL にした水溶液のモル濃度を求めよ。

溶液の体積は $\frac{100}{1000}$L，溶質の物質量は $\frac{25.0}{58.5}$ mol なので，以下のようになる。

$$\frac{\text{溶質の物質量(mol)}}{\text{溶液の体積（L）}} = \frac{\frac{25.0}{58.5}}{\frac{100}{1000}} = 4.27\ (\text{mol/L})$$

●モル濃度から溶質の物質量を求める

以下のように，モル濃度から溶質の物質量を求めることができる。

溶液の体積（L）×モル濃度（mol/L）＝溶質の物質量（mol）

例　0.40mol/L のアンモニア水 100mL に含まれているアンモニアは何 mol になるか。

$$0.40\ (\text{mol/L}) \times \frac{100}{1000} = 0.040\ (\text{mol})$$

まとめ

・モル濃度（%） ＝ $\frac{(\qquad\quad)\text{の物質量(mol)}}{(\qquad\quad)\text{の体積 (L)}}$

Chapter4　演習問題

問　次の各問に答えよ。ただし，原子量は H：1.0，O：16，Na：23，S：32 とする。

(1)　98.0% の濃硫酸（1.83g/cm^3）300mL 中に含まれている硫酸は何 mol になるか。

(2)　2.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 30mL に含まれている水酸化ナトリウムは何 g になるか。

第 14 講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。ただし，原子量は，H：1.0，C：12，N：14，O：16，Na：23 とする。

(1) 硝酸銀水溶液の溶媒として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 硝酸銀　② 硝酸　③ 水　④ 硝酸銀水溶液

(2) 炭酸ナトリウム 40 g を水に溶かして 200 g の炭酸ナトリウム水溶液をつくったとき，質量パーセント濃度は何 % になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 10%　② 20%　③ 25%　④ 40%

(3) 濃硝酸（70%，1.4 g/cm^3）200 mL に含まれている硝酸は何 g になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 42 g　② 84 g　③ 98 g　④ 196 g

(4) 硝酸ナトリウム 3.40 g を水に溶かして 500 mL にした水溶液のモル濃度は何 mol/L になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 0.0200 mol/L　② 0.0400 mol/L

③ 0.0800 mol/L　④ 0.120 mol/L

(5) 0.500 mol/L の炭酸水素ナトリウム水溶液 600 mL に含まれている炭酸水素ナトリウムは何 g になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 16.8 g　② 25.2 g　③ 42.0 g　④ 101 g

< Note >

PART2 濃度を使った計算の応用

目標 ・濃度を使った計算の応用ができるようになろう。

Chapter1 溶液の希釈

溶液に**溶媒を加えて濃度を小さくする操作を希釈**という。

多くは水溶液であるため，「水を加えて希釈する」「水を加えて体積を 2 倍にする」といった表現で出題される。例えば「水を加えて体積を 2 倍にすること」を「2 倍に希釈する」といい，「濃度は 2 分の 1 倍」になる。全て同じことを表す表現であることに注意する。

例 2.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液に水を加えて体積を 4 倍にすると，濃度は何 mol/L になるか？

体積を 4 倍にする（4 倍に希釈する）と濃度は 4 分の 1 倍になる。

$$2.0 \times \frac{1}{4} = \underline{0.50}\ \text{(mol/L)}$$

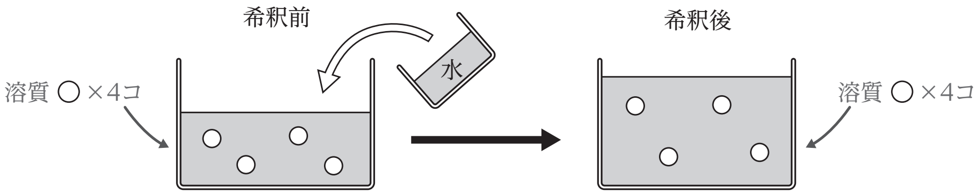
●希釈前後の濃度の単位が異なるとき

希釈前後で与えられた濃度が異なるときは，上記のように扱うことができないため，次の考え方を徹底しよう。

要点

溶液を希釈する濃度計算のポイント

「希釈前後で溶質の量は不変」なので**「希釈前の溶質の量＝希釈後の溶質の量」**という式をたてる。



例　濃度36.5%の塩酸（1.18g/cm^3）に水を加え，1.00mol/Lの塩酸500mLを作りたい。このとき，36.5%の塩酸が何mL必要となるか？　（HClの分子量36.5）

36.5%の塩酸を vmL使用したとする。

希釈前の塩酸に含まれるHCl：　$v \times 1.18 \times \frac{36.5}{100} \times \frac{1}{36.5}$ (mol)

希釈後の塩酸に含まれるHCl：　$1.00 \times \frac{500}{1000}$ (mol)

溶質の量は希釈前後で変化しないため，次のようになる。

$$v \times 1.18 \times \frac{36.5}{100} \times \frac{1}{36.5} = 1.00 \times \frac{500}{1000} \qquad v = \underline{42.37}\ \boxed{42.4\ (\mathrm{mL})}$$

まとめ

・溶液を希釈しても（　　　　）の量は変化しないため，「希釈前の（　　　　）の量＝希釈後の（　　　　）の量」が成立する。

Chapter2　濃度の単位変換　（質量パーセント濃度→モル濃度）

濃度の単位変換とは，質量パーセント濃度（%）をモル濃度（mol/L）に，モル濃度（mol/L）を質量パーセント（%）に変換する計算。

要点

濃度の単位変換をするときのポイント

質量パーセント濃度（%）もモル濃度（mol/L）も，分母は「溶液」，分子は「溶質」なので，**分母と分子の単位をそれぞれ変換する**と考える。

●質量パーセント濃度をモル濃度に変換する

質量パーセント濃度 x（%）をモル濃度（mol/L）に変換。

溶液100gとすると x（%）は $\frac{溶質\ x\ (\mathrm{g})}{溶液\ 100(\mathrm{g})}$ と表すことができる。この分数の，**分子の単位を「g」から「mol」へ，分母の単位を「g」から「L」に変える。**

$$\frac{\textbf{溶質}\ x\ (\mathrm{g})}{\textbf{溶液}\ 100(\mathrm{g})} \rightarrow \frac{\textbf{溶質}(\mathrm{mol})}{\textbf{溶液}\ (\mathrm{L})}$$

質量パーセント濃度　　　モル濃度

例　98% の濃硫酸（$1.8g/cm^3$）をモル濃度にすると何 mol/L になるか？

（H_2SO_4 の分子量 98）

98%の濃硫酸を 100g とすると溶質 98（g）/ 溶液 100（g）と表すことができる。この分数の, 分子の単位を「g」から「mol」へ, 分母の単位を「g」から「L」に変える。

分母（溶液）　100g を体積（L）に変換する。体積を v（L）とすると次のようになる。

$$1000v \times 1.8 = 100 \quad v = \frac{1}{18} \text{ (L)}$$

分子（溶質）　H_2SO_4 98 g は $\frac{98}{98} = 1$（mol）

以上より，モル濃度（mol/L）は次のようになる。

$$\frac{\text{溶質(mol)}}{\text{溶液（L）}} \rightarrow \frac{1}{\frac{1}{18}} = \underline{18 \text{（mol/L）}}$$

Chapter3　濃度の単位変換　（モル濃度→質量パーセント濃度）

●質量パーセント濃度をモル濃度に変換する

モル濃度（mol/L）を質量パーセント濃度 x（%）に変換。

溶液 y（mol/L）は $\frac{\text{溶質 } y \text{(mol)}}{\text{溶液 1（L）}}$ と表すことができる。この分数の, 分子の単位を「mol」から「g」へ，分母の単位を「L」から「g」に変える。

$$\frac{\textbf{溶質 } y \textbf{ (mol)}}{\textbf{溶液 (L)}} \rightarrow \frac{\textbf{溶質 } x \textbf{ (g)}}{\textbf{溶液 100 (g)}}$$

モル濃度　　　　質量パーセント濃度

例　2.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液（$1.8g/cm^3$）を質量パーセント濃度にすると何 % になるか？　　（NaOH の式量 40）

2.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は溶質 2.0（mol）/ 溶液 1（L）と表すことができる。この分数の, 分子の単位を「mol」から「g」へ, 分母の単位を「L」から「g」に変える。

分母（溶液）　1L（1000mL）を質量（g）に変換する。

$$1000 \text{（mL）} \times 1.8 \text{（g/mL）} = \underline{1800 \text{（g）}}$$

分子（溶質）　NaOH（式量 40）2.0mol は

$$2.0 \text{（mol）} \times 40 \text{（g/mol）} = \underline{80 \text{（g）}}$$

以上より質量パーセント濃度（%）は次のようになる。

$$\frac{\text{溶質(g)}}{\text{溶液(g)}} \times 100 \rightarrow \frac{80}{1800} \times 100 = \underline{4.44\ (\%)} \qquad \boxed{4.4\ (\%)}$$

Chapter4　溶液の調製

正確な濃度の溶液を作ることを調製という。

溶液の調製は次のような手順で行う。手順だけでなく，使用する実験器具の名前はしっかり頭に入れておこう。

●調製の手順

1.0mol/L 塩化ナトリウム水溶液 500mL を調製する。（NaCl の式量 58.5）

⑴　1.0mol/L 塩化ナトリウム水溶液 500mL に必要な NaCl を**電子天秤**ではかり取る。

$1.0 \times 500/1000 \times 58.5 = \underline{29.25\text{g}}$

⑵　⑴ではかり取った NaCl を**ビーカー**に入った適量の水に溶かす。

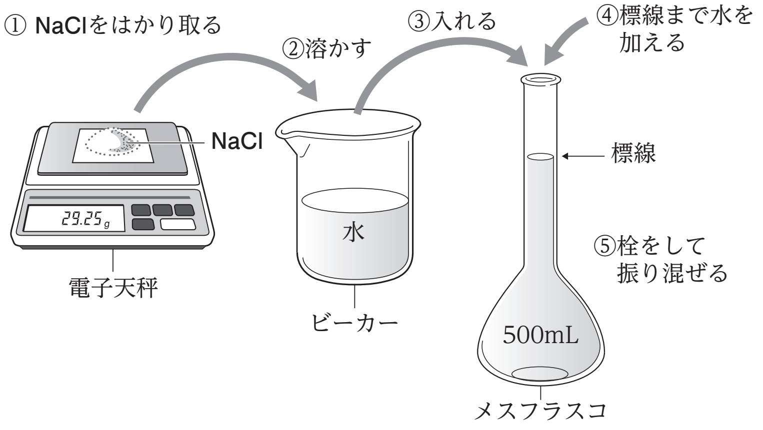
⑶　⑵の溶液を 500mL の**メスフラスコ**に移す。

このとき，ビーカー内の NaCl が残らないよう，ビーカーを少量の純水ですすぎ，すすいだ水もメスフラスコに入れる。

⑷　メスフラスコの**標線**まで水を加えて全体の体積を正確に 500mL にする。

※「水を加えて全体の体積を 500mL にする」という部分がとても重要

⑸　メスフラスコに栓をしてよく振りまぜる



Chapter5　演習問題

問　濃度 36.5% の塩酸（1.18g/cm^3）は，モル濃度にすると何 mol/L となるか。

（HCl の分子量 36.5）

第 14 講 PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　6.0mol/L の塩化ナトリウム水溶液に水を加えて 3 倍に希釈すると，濃度は何 mol/L になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.50 mol/L　　②　2.0 mol/L　　③　3.0 mol/L　　④　18 mol/L

(2)　濃度 40% の硝酸（1.25 g/cm^3）に水を加え，0.20 mol/L の硝酸 500 mL を作りたい。このとき，40% の硝酸が何 mL 必要になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。（HNO_3 の分子量：63）

①　8.4 mL　　②　12.6 mL　　③　84 mL　　④　126 mL

(3)　濃度 28% の水酸化ナトリウム水溶液（1.3 g/cm^3）をモル濃度にすると何 mol/L になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。（NaOH の式量：40）

①　0.91 mol/L　　②　2.34 mol/L　　③　9.1 mol/L　　④　23.4 mol/L

(4)　4.5 mol/L の硫酸（1.26 g/cm^3）を質量パーセント濃度にすると何 % になるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。（H_2SO_4 の分子量：98）

①　3.5%　　②　6.5%　　③　35%　　④　65%

(5)　ある濃度の塩化ナトリウム水溶液 500 mL を調製するために，必要な塩化ナトリウムを電子天秤ではかり取った後，以下の①～④の手順で溶液を調製した。しかし，調製後にどこかの手順が誤っていることに気づいた。①～④のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　はかり取った塩化ナトリウムを適量の水が入ったビーカーに入れて溶かした。

②　①の溶液を 500 mL メスフラスコに移し，ビーカーをすすいだ純水も入れた。

③　メスフラスコに 500 mL の水を入れた。

④　メスフラスコに栓をしてよく振りまぜた。

< Note >

PART3 濃度の計算

目標　・濃度の計算を徹底して克服しよう

原子量 H:1.0，C:12，O:16，Na:23，S:32，Cl:35.5

Chapter1　濃度計算の基本

要点

・質量パーセント濃度

$$\text{質量パーセント濃度（\%）} = \frac{\textbf{溶質の質量(g)}}{\textbf{溶液の質量(g)}} \times 100$$

質量パーセント濃度で扱うときは，溶液の密度（g/cm^3）を使って溶液の質量（g）を導く

溶液の体積（mL）×溶液の密度（g/cm^3）＝ 溶液の質量（g）

・モル濃度

$$\text{モル濃度（mol/L）} = \frac{\textbf{溶質の物質量(mol)}}{\textbf{溶液の体積（L）}}$$

問　以下の問いに答えよ。

(1)　98％の濃硫酸（1.8g/cm^3）50mL に含まれている硫酸は何 mol か。また，モル濃度は何 mol/L か。

(2)　2.0mol/L の水酸化ナトリウム水溶液（1.1g/cm^3）50mL 中に含まれている水酸化ナトリウムは何 mol か。また，質量パーセント濃度は何％か。

Chapter2　希釈の計算

要点

「溶液に水を加えて希釈しても含まれている溶質の量は変化しない」ということを徹底する。

希釈前の溶液に含まれる溶質の量（mol）＝希釈後の溶液に含まれる溶質の量（mol）

また，溶液を希釈して濃度を調整するときに使用する器具メスフラスコの使い方を復習しておこう。

問　以下の問いに答えよ。

(1)　36% の塩酸（密度 1.2g/cm^3）に水を加えて 1.1mol/L の塩酸 500mL を作る。このとき，36% の塩酸は何 mL 必要か。

(2)　シュウ酸二水和物 $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ を水に溶かして 1.0mol/L シュウ酸 $H_2C_2O_4$ 水溶液を 500mL 作る。このとき，必要なシュウ酸二水和物は何 g か。

Chapter3　文字の表記

要点

データが文字で与えられ，ややこしく感じるときは数値に置き換えて考える。

問　C_1%の A 水溶液（d g/cm^3）を水で希釈して C_2mol/L の A 水溶液 VmL を作りたい。C_1% の A 水溶液は何 mL 必要か。ただし，A の分子量は M とする。

第 14 講　PART3　確認問題

問　次の各問いに答えよ。ただし，原子量は H：1.0，N：14，O：16，Na：23，S：32，Cu：64 とする。

(1)　12 mol/L の硝酸(密度 1.35 g/cm^3)の質量パーセント濃度は何％か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　4.4%　　②　5.6%　　③　44%　　④　56%

(2)　質量パーセント濃度が 20% の水酸化ナトリウム水溶液（密度 1.22 g/cm^3）に水を加えて 2.44 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 500 mL を作る。このとき，20% の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　20 mL　　②　50 mL　　③　200 mL　　④　500 mL

(3)　硫酸銅（Ⅱ）五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ を水に溶かして 0.40 mol/L の硫酸銅（Ⅱ）水溶液を 500 mL 作る。このとき，硫酸銅（Ⅱ）五水和物は何 g 必要か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　18 g　　②　32 g　　③　50 g　　④　68 g

(4)　質量パーセント濃度が C％の A 水溶液（密度 d g/cm^3）のモル濃度は何 mol/L か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，A の分子量を M とする。

①　$\dfrac{10Cd}{M}$　　②　$\dfrac{Cd}{100M}$　　③　$\dfrac{M}{10Cd}$　　④　$\dfrac{100M}{Cd}$

< Note >

第 15 講　化学反応式
PART1　化学反応式

目標　・化学反応式の係数を決めることができるようになろう。

Chapter1　化学変化と化学反応式

要点

化学変化（化学反応）

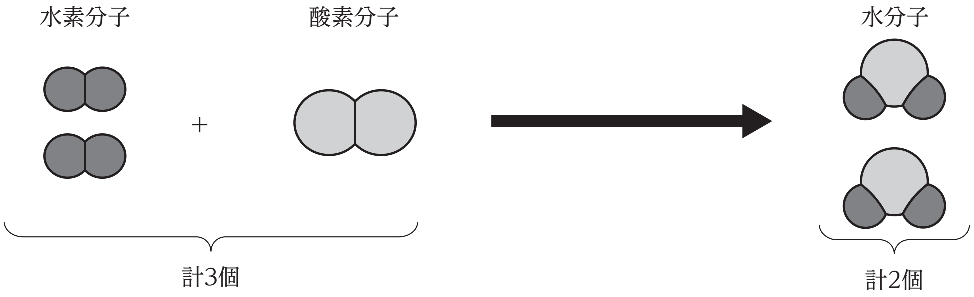
物質が別の物質に変化すること。

化学変化が起こると「物質」と「粒子の総数」が変化する。

例　水素と酸素が反応して水ができる

反応前：水素２つと酸素１つ　合計３つ

反応後：水２つ　　　　　　　合計３つ



要点

化学反応式（反応式）

化学式を用いて化学変化を表したもの。

反応物　→　化学反応式の左辺にある物質（反応する物質）

生成物　→　化学反応式の右辺にある物質（反応により生じる物質）

係数　→　反応に関与する物質の粒子数を最も簡単な整数比で表したもの

化学式の前につける（ただし係数が１の場合は省略）。

例 水素 H_2 と酸素 O_2 が反応して水 H_2O ができる

（注：酸素 O_2 の係数は 1 なので省略）

$$2H_2 \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad 2H_2O$$

反応物　　　生成物

まとめ

・化学式を用いて化学変化を表したものを（　　　　　　　　）といい，左辺にある物質を（　　　　　　），右辺にある物質を（　　　　　　）という。

・また，化学変化に関する物質の粒子数を最も簡単な整数比で表した数値を（　　　　　）といい，各化学式の前につける。

Chapter2　化学反応式のつくり方

例 「エタン C_2H_6 と酸素 O_2 の反応（C_2H_6 の燃焼）」の化学反応式を書け。

※炭素 C と水素 H からできている物質の燃焼では，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生成されることを覚えておこう！

---

① 左辺に反応物，右辺に生成物の化学式を書き，両辺を→で結ぶ。

$$C_2H_6 \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \quad + \quad H_2O$$

② 左辺と右辺で元素の原子数が等しくなるように係数を入れる（次のような順で決めていくと考えやすい）。

(1) 原子の種類と数が多い反応物の係数を 1 と決める（C_2H_6 と O_2 では C_2H_6 のほうが原子の種類が多いので，係数を 1 とおく）

$$\underline{1}C_2H_6 \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \quad + \quad H_2O$$

(2) 両辺の **C 原子の数**をそろえる（左辺が 2 つなので，右辺も 2 つにそろえる）

$$\underline{1C_2}H_6 \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad \underline{2C}O_2 \quad + \quad H_2O$$

(3) 両辺の **H 原子の数**をそろえる（左辺が 6 つなので，右辺も 6 つにそろえる）

$$\underline{1}C_2\underline{H_6} \quad + \quad O_2 \quad \rightarrow \quad 2CO_2 \quad + \quad \underline{3H_2}O$$

(4) 両辺の **O 原子の数**をそろえる（右辺が 7 つなので，左辺も 7 つにそろえる）

$$1C_2H_6 \quad + \quad \frac{7}{2}O_2 \quad \rightarrow \quad \underline{2}C\underline{O_2} \quad + \quad \underline{3}H_2\underline{O}$$

(5) **係数が全て整数**になるよう調整する（O_2 の係数が $\frac{7}{2}$ なので，全て 2 倍する）

$$\underline{2C_2H_6 \quad + \quad 7O_2 \quad \rightarrow \quad 4CO_2 \quad + \quad 6H_2O}$$

途中の段階で係数が分数になってもよいので，この手順でどんどん係数を決めていこう。

Chapter3　未定係数法

要点

未定係数法

係数を文字でおき，各元素の原子の数に関する方程式を立て，連立方程式をといて係数を決定する

例　「エタン C_2H_6 と酸素 O_2 の反応（C_2H_6 の燃焼）」の化学反応式を書け。

---

①反応物と生成物を書き，それぞれの係数を a，b，c，d とおく。

$$aC_2H_6 \quad + \quad bO_2 \quad \rightarrow \quad cCO_2 \quad + \quad dH_2O$$

② C，H，O の各元素について方程式をたてる。

C 原子　$2a = c$　…(1)

H 原子　$6a = 2d$　…(2)

O 原子　$2b = 2c + d$　…(3)

③(1)～(3)の連立方程式を解く。

(1)より，$c = 2a$

(2)より，$d = 3a$

(3)より，$2b = 2(2a) + 3a$　　$b = \frac{7}{2}a$

以上より，$a : b : c : d = a : \frac{7}{2}a : 2a : 3a = 2 : 7 : 4 : 6$ となるため，化学反応式は次のようになる。

$$\underline{2C_2H_6 \quad + \quad 7O_2 \quad \rightarrow \quad 4CO_2 \quad + \quad 6H_2O}$$

Chapter4　イオン反応式

要点

イオン反応式

反応に関与するイオンを，イオンを表す化学式で表した反応式。

イオン反応式を書く時の注意点

注意点 1　　両辺の「元素の原子数」に加え，「電荷」も等しくする

注意点 2　　反応に関与しないイオンは書かない

例　「塩化ナトリウム NaCl 水溶液に硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を加えた」ときのイオン反応式を書け。

※塩化物イオン Cl^- と銀イオン Ag^+ は水中で塩化銀 AgCl の沈殿をつくる

イオン反応式は次のようになる。

$Cl^- \ + \ Ag^+ \ \rightarrow \ AgCl$

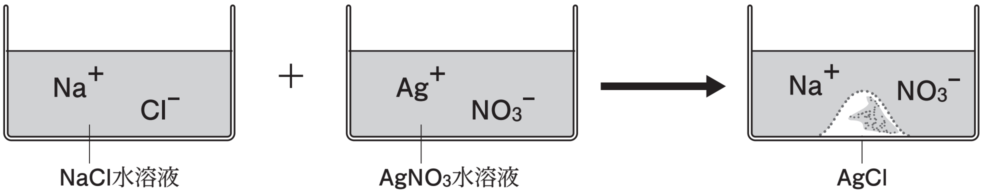
先ほどの注意点を確認しておこう

注意点１　両辺の「元素の原子数」に加え，「電荷」も等しくする

→**両辺とも電荷は±０で一致**している

注意点２　反応前後で変化しないイオンは書かない

→ナトリウムイオン Na^+ と硝酸イオン NO_3^- は**反応に関与しないので書いていない**



まとめ

・反応に関与するイオンを，イオンを表す化学式で表した反応式を（　　　　　　　　　　）という。

・イオン反応式を作る際には，「両辺の元素の原子数だけでなく（　　　　）も等しくする」「反応前後で変化しないイオンは書かない」ということに注意が必要。

Chapter5　演習問題

問　次の各問いに答えよ。

(1) プロパン C_3H_8 の燃焼の化学反応式を書け。

(2) 塩化カルシウム $CaCl_2$ 水溶液と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 水溶液を混合したときのイオン反応式を書け。

第15講　PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　窒素 N_2 と水素 H_2 からアンモニア NH_3 を合成する化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $N_2 + H_2 \rightarrow 2NH_3$

② $2N_2 + 6H_2 \rightarrow 4NH_3$

③ $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

④ $3N_2 + H_2 \rightarrow 2NH_3$

(2)　メタン CH_4 の燃焼の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $CH_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$

② $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

③ $CH_4 + 3O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

④ $2CH_4 + 4O_2 \rightarrow 2CO_2 + 4H_2O$

(3)　エタノール C_2H_6O の燃焼の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $2C_2H_6O + 6O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

② $C_2H_6O + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 3H_2O$

③ $2C_2H_6O + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O$

④ $C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

(4) 水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ 水溶液と硫酸カリウム K_2SO_4 水溶液を混合したときのイオン反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。（※バリウムイオン Ba^{2+}と硫酸イオン $SO_4{}^{2-}$は水中で硫酸バリウム $BaSO_4$ の沈殿をつくる）

① $Ba^{2+} + SO_4{}^{2-} \rightarrow BaSO_4$

② $Ba^{2+} + 2OH^- + 2K^+ + SO_4{}^{2-} \rightarrow BaSO_4 + 2KOH$

③ $Ba^{2+} + 2OH^- + 2K^+ + SO_4{}^{2-} \rightarrow BaSO_4 + 2K^+ + 2OH^-$

④ $Ba(OH)_2 + K_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + 2KOH$

第16講　化学反応式と量的関係

PART1　化学反応式と量的関係

目標　・化学反応式の係数に注目して量的関係の計算式を作れるようになろう。

Chapter1　化学反応式と量的関係 (mol)

化学反応式の係数は「反応物と生成物の粒子の数の比」すなわち「物質量（mol）の比」である。よって，係数を物質量（mol）の比と考えて量的関係の式を作ることができる。

この「化学反応式の係数が物質量 (mol）の比」というのが，化学の計算における基本であるため，しっかり意識しておこう。

例　水素 0.10mol が全て燃焼すると，生成する水は何 mol になるか。

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の mol：生成する水 H_2O の mol ＝ 2：2 ＝ 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって，生成する水 H_2O の mol は反応する水素 H_2 の mol と等しいため 0.10mol となる。

まとめ

・化学反応式の係数は反応物や生成物の粒子数の比を表している。よって，係数は反応物や生成物の（　　　　）の比と考えることができる。

Chapter2　化学反応式と量的関係（質量）

反応物や生成物の情報を質量で扱い計算するときは，質量を物質量 (mol）に変えて「係数比が物質量 (mol）の比」と考えて立式する。

例 水素（分子量2）0.40 g が全て燃焼すると，生成する水（分子量18）は何 g になるか。

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の mol：生成する水 H_2O の mol ＝ 2：2 ＝ 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって，生成する水 H_2O の mol は反応する水素 H_2 の mol と等しいため，生成する水 H_2O の質量を x g とすると，次の式が成立する。

$$\frac{0.40}{2} = \frac{x}{18} \qquad x = \underline{3.6\text{g}}$$

●質量保存の法則（1774年　ラボアジエ）

化学反応の前後で総質量は変化しない。

先ほどの **例** で考えてみよう。

[左辺] 反応する水素 H_2：0.4g

反応する酸素 O_2：物質量が H_2 の半分（係数 2：1）なので，$\frac{0.40}{2} \times \frac{1}{2} = 0.10\text{mol}$

O_2 の分子量は 32 なので質量は $0.10 \times 32 = \underline{3.2\text{g}}$

[右辺] 生成する水 H_2O：$\underline{3.6\text{g}}$

以上より，左辺の質量の合計は 0.4 +3.2 ＝ 3.6g で，右辺の質量と一致しており，質量保存の法則が成立していることがわかる。

Chapter3　化学反応式と量的関係（気体の体積）

気体同士の反応において，それらの気体の体積の間には簡単な整数比が成立する。

気体の体積は「標準状態で 1mol ＝ 22.4L」と決まっており，物質量（mol）と体積が比例関係にあることがわかる。また,「係数の比＝物質量（mol）の比」が成立することから，**物質が気体のときには**「係数の比＝体積の比」が成立する。

例　水素 4.0L が全て燃焼すると，生成する水蒸気は何 L になるか？（生じる H_2O は全て水蒸気であるとする）

水素の燃焼の化学反応式は次のようになる。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

これより「反応する水素 H_2 の体積：生成する水 H_2O の体積＝ 2：2 ＝ 1：1」という関係が成立していることがわかる。

よって，生成する水 H_2O の体積は反応する水素 H_2 の体積と等しいため 4.0L となる。

Chapter4　化学反応式と量的関係（過不足がある）

化学反応式と量的関係を考えるとき，反応物に過不足が生じる場合がある。このときは**化学反応式の下に表を作り，「反応前」「変化量」「反応後」の量を書く**とわかりやすい。

例　プロパン C_3H_8 0.50mol と酸素 O_2 3.5mol を混合して燃焼させた。反応後，存在する物質の化学式と物質量をそれぞれ答えよ。

C_3H_8 の燃焼の化学反応式を書き，その下に物質量（mol）のデータを書いてみよう。

	C_3H_8	+	$5O_2$	→	$3CO_2$	+	$4H_2O$	(mol)
反応前	0.50		3.5		0		0	
変化量※	− 0.50		− 2.5		+1.5		+2.0	
反応後	0		1.0		1.5		2.0	

※変化量が係数比である。

C_3H_8 と O_2 が 1：5 で反応して無くなり，CO_2 と H_2O が 3：4 で生じる。

注意　通常，何かを燃焼させるときは，酸素を多めに入れているため酸素が余る。

以上より，反応後に存在する物質と物質量は

O_2：1.0mol，CO_2：1.5mol，H_2O：2.0mol となる。

Chapter5　化学反応式と量的関係（混合物）

混合物の反応で量的関係を考えるときは，**必ず混合している物質ごとに化学反応式を書く（1 つの化学反応式にはしない）**。

例 メタン CH_4 とエタン C_2H_6 の混合気体を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O がそれぞれ 0.40mol，0.70mol 生じた。この混合気体に含まれていたメタン CH_4 とエタン C_2H_6 はそれぞれ何 mol か？

CH_4 と C_2H_6 の燃焼の化学反応式を別々に書き，変化量を確認してみよう。
（「完全に燃焼」とあるので，酸素は十分にあると考えられる）
CH_4 と C_2H_6 がそれぞれ x mol，y mol 混合していたとすると，物質量の変化量は次のようになる。

	CH_4	+	$2O_2$	→	CO_2	+	$2H_2O$	(mol)
変化量	$-x$		$-2x$		$+x$		$+2x$	

	$2C_2H_6$	+	$7O_2$	→	$4CO_2$	+	$6H_2O$	(mol)
変化量	$-y$		$-\frac{7}{2}y$		$+2y$		$+3y$	

生成した CO_2 について　$x + 2y = 0.40$　…①
生成した H_2O について　$2x + 3y = 0.70$　…②
①式，②式より　$x = 0.20$mol，$y = 0.10$mol

Chapter6　演習問題

問　0.10mol/L の硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液 20mL と 0.050mol/L の塩化ナトリウム NaCl 水溶液 30mL を混合したところ，白色の沈殿（AgCl）が生じた。この反応について次の問いに答えよ。ただし，原子量は N：14，O：16，Na：23，Cl：35.5，Ag：108 とする。

(1)　硝酸銀と塩化ナトリウムのどちらが何 mol 余るか。どちらも余らない場合は 0 と答えよ。

(2)　生じる白色沈殿の質量 g を答えよ。

第16講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 6.0 g のマグネシウムを塩酸と完全に反応させたとき，生成する水素の質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，原子量は H：1.0，Mg：24，Cl：35.5 とする。

① 0.25 g　② 0.50 g　③ 1.0 g　④ 2.0 g

(2) 窒素と水素を反応させたところ，標準状態で 11.2 L のアンモニアが生成した。このとき，反応した水素の標準状態での体積として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 5.60 L　② 11.2 L　③ 16.8 L　④ 22.4 L

(3) 0.60 mol のエタン C_2H_6 と 1.40 mol の酸素 O_2 を混合して燃焼させたところ，どちらかの気体が残った。このとき，残った気体とその物質量として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① エタン：0.20 mol　② エタン：0.40 mol
③ 酸素：0.30 mol　④ 酸素：0.70 mol

(4) メタン CH_4 とプロパン C_3H_8 の混合気体を完全に燃焼させたところ，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O がそれぞれ 0.90 mol，1.40 mol 生じた。この混合気体に含まれていたメタン CH_4 とプロパン C_3H_8 はそれぞれ何 mol か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① メタン：0.20 mol，プロパン：0.30 mol
② メタン：0.30 mol，プロパン：0.20 mol
③ メタン：0.10 mol，プロパン：0.50 mol
④ メタン：0.50 mol，プロパン：0.10 mol

< Note >

第17講　酸と塩基
PART1　酸と塩基の定義

目標　・酸とは何か，塩基とは何かきちんと理解しよう

Chapter1　アレーニウスの定義

要点

酸　：水溶液中で水素イオン H^+ を生じる物質

塩基：水溶液中で水酸化物イオン OH^- を生じる物質

例　酸　：塩化水素（塩酸）HCl　　$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

塩基：水酸化ナトリウム NaOH　　$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

扱う酸と塩基の多くは水溶液なので，まずはアレーニウスの定義で酸と塩基を判断できるようになろう

まとめ

・アレーニウスの定義では，水溶液中で（　　　　）を生じる物質を酸，（　　　　）を生じる物質を塩基とする。

Chapter2　ブレンステッド・ローリーの定義

要点

●ブレンステッド・ローリーの定義

酸　：水素イオン H^+ を与える物質

塩基：水素イオン H^+ を受け取る物質

水溶液以外で酸や塩基を考えるときはブレンステッド・ローリーの定義で判断する

例　塩化水素（気体）とアンモニア（気体）の反応

気体の塩化水素とアンモニアの反応は気体どうしなので，ブレンステッド・ローリーの定義で考える

$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$

酸　　塩基　　$(NH_4^+ + Cl^-)$

Chapter3　オキソニウムイオン

要点

●オキソニウムイオン

酸から生じた水素イオン H^+ が水溶液中の水と結合したもの

$H^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+$

例　塩酸

$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

（通常は省略して次のように表すことが多い　$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$）

上の反応式で酸は HCl，塩基は H_2O である

Chapter4　演習問題

問　次の化学反応式において，酸と塩基をそれぞれ化学式で答えよ。ただし，「→」向きの反応の時と「←」向きの反応の時，それぞれの酸と塩基を答えよ。

(1)　$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

(2)　$CH_3COOH + H_2O \rightleftarrows CH_3COO^- + H_3O^+$

第17講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) アレーニウスの定義による酸の説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 水溶液中で H^+ を生じる物質　② 水溶液中で OH^- を生じる物質
③ 水溶液中で H^+ と反応する物質　④ 水溶液中で OH^- と反応する物質

(2) アレーニウスの定義による塩基の説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 水溶液中で H^+ を生じる物質　② 水溶液中で OH^- を生じる物質
③ 水溶液中で H^+ と反応する物質　④ 水溶液中で OH^- と反応する物質

(3) ブレンステッド・ローリーの定義による酸の説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① H^+ を与える物質　② OH^- を与える物質
③ H^+ を受け取る物質　④ OH^- を受け取る物質

(4) ブレンステッド・ローリーの定義による塩基の説明として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① H^+ を与える物質　② OH^- を与える物質
③ H^+ を受け取る物質　④ OH^- を受け取る物質

(5) アレーニウスの定義で塩基となるものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 硝酸　② 水酸化カリウム　③ 塩化ナトリウム　④ 水

(6) ブレンステッド・ローリーの定義で下線部が酸となる化学反応を，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $HCl + \underline{H_2O} \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

② $HCl + \underline{NH_3} \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$

③ $\underline{HNO_3} + H_2O \rightarrow NO_3^- + H_3O^+$

④ $\underline{CH_3COO^-} + H_3O^+ \rightleftarrows CH_3COOH + H_2O$

PART2 酸と塩基の基本事項

目標　・酸と塩基の基本事項をクリアしよう

Chapter1　酸と塩基の価数

要点

酸の価数：酸がもっている水素イオン H^+ の数

塩基の価数：塩基がもっている水酸化物イオン OH^- の数

※基本的に化学式をみるとわかる

例　塩酸　HCl　：　H^+ を 1 個もっているので 1 価の酸

水酸化バリウム　$Ba(OH)_2$　：　OH^- を 2 個もっているので 2 価の塩基

●注意が必要な酸や塩基

・H^+ にならない H 原子は酸の価数にはならない

例　CH_3COOH

化学式中には H 原子が合計 4 つあるが，H^+ になる H 原子は 1 つなので 1 価の酸

$$CH_3COOH \rightleftarrows CH_3COO^- + H^+$$

・化学式からは価数がわからない酸と塩基

例 1　二酸化炭素 CO_2（2 価の酸）

水中で炭酸 H_2CO_3 となるため，2 価の酸

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H_2CO_3$$

例 2　アンモニア NH_3（1 価の塩基）

水中で OH^- を 1 個生じるため，1 価の塩基

$$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$$

まとめ

・酸がもっている（　　　　）の数，塩基がもっている（　　　　）の数を価数という

・二酸化炭素は（　　　）価の酸，アンモニアは（　　　）価の塩基である

Chapter2　電離度αと酸・塩基の強弱

要点

電離度α

溶解している酸・塩基の物質量に対する，電離している酸・塩基の物質量の割合

$$電離度\alpha = \frac{電離している酸・塩基の物質量(\mathrm{mol})}{溶解している酸・塩基の物質量(\mathrm{mol})}$$

強酸・強塩基

溶解した酸・塩基のうち，ほぼ全てが電離している（すなわち電離度α≒1）酸・塩基

●重要な強酸・強塩基

強酸　：硫酸 H_2SO_4，塩酸 HCl，硝酸 HNO_3

強塩基：水酸化カリウム KOH，水酸化ナトリウム NaOH,

水酸化バリウム $Ba(OH)_2$，水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$

※強酸・強塩基は，完全に電離してイオンになるため反応式では「→」で表記する

例　塩酸（強酸）　$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$

要点

弱酸・弱塩基

電離しにくい（すなわち電離度が 1 に比べて非常に小さい）酸・塩基。

※「覚えた強酸・強塩基」以外は弱酸・弱塩基と判断しよう。

弱酸・弱塩基は，電離しにくくイオンどうしがくっつく反応（電離の逆反応）も進行するため，反応式では「⇄」で表記する

例　アンモニア（弱塩基）　$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$

まとめ

・溶解している酸・塩基の物質量に対する，電離している酸・塩基の物質量の割合を（　　　　　）という。ほぼ完全に電離する酸・塩基を強酸・強塩基といい，それぞれには次のようなものがある

強酸　：（　　　　），（　　　　），（　　　　）

強塩基：（　　　　），（　　　　），（　　　　），（　　　　）

Chapter3　演習問題

問　次の酸・塩基の強弱と価数をそれぞれ答えよ。

(1)　水酸化銅 (Ⅱ)

(2)　アンモニア

(3)　水酸化バリウム

(4)　二酸化炭素

(5)　硝酸

< Note >

第17講 PART2 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 次の①～④の物質のうち，1価の酸に該当するものとして最も適当なものを一つ選べ。
① リン酸 ② 硫酸 ③ 酢酸 ④ 二酸化炭素

(2) 次の①～④の物質のうち,強酸に**該当しないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。
① 硫酸 ② 炭酸 ③ 塩酸 ④ 硝酸

(3) 次の①～④の物質のうち，2価の強塩基に該当するものとして最も適当なものを一つ選べ。
① 水酸化カルシウム ② 水酸化亜鉛
③ 水酸化カリウム ④ 水酸化鉄（Ⅱ）

(4) 電離度に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。
① 電離度が大きいほど，電離している酸・塩基の物質量の割合が大きい。
② 強酸・強塩基は電離度がほぼ1となっている。
③ 溶解した酸・塩基がほぼ完全に電離している場合，電離度はほぼ1となる。
④ 弱酸・弱塩基は電離しにくいが，電離度はほぼ1となっている。

(5) 次の①～④の記述のうち，正しいものを一つ選べ。
① 水酸化ナトリウムは1価の弱塩基である。
② 塩酸の電離は「$HCl \rightleftarrows H^+ + Cl^-$」と表記する。
③ 化学式中のH原子について，H^+にならないH原子も酸の価数に含める。
④ アンモニアの電離は「$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$」と表記する。

< Note >

第 18 講　水素イオン濃度と pH

PART1　水素イオン濃度と液性

目標　・水素イオン濃度と液性にどんな関係があるのかを理解しよう

Chapter1　水の電離と水のイオン積

水はわずかに電離（25℃の電離度 $\alpha = 1.8 \times 10^{-9}$）し，水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- を生じる。

$$H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$$

このとき H^+ と OH^- は等量生じるため（係数 1:1），H^+ と OH^- のモル濃度は等しくなっており，それぞれのモル濃度を $[H^+]$，$[OH^-]$ と表す。

要点

水のイオン積 K_w

25℃の水において $[H^+]$ と $[OH^-]$ はともに 1.0×10^{-7}(mol/L)であるため, $[H^+]$ と $[OH^-]$ の積は 1.0×10^{-14}(mol²/L²) となる。これを水のイオン積 K_w という。

$$K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \times 1.0 \times 10^{-7} = 1.0 \times 10^{-14}\ (\mathrm{mol^2/L^2})$$

この 1.0×10^{-14} (mol²/L²) という数値は，**25℃である限りどんな水溶液でも成立していること**を徹底しておこう。硫酸でも水酸化カルシウム水溶液でも，25℃では $[H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$（mol²/L²）が成立する。

まとめ

・25℃の水において，水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ と水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ はともに（　　　　　　　　　　）であるため，$[H^+]$ と $[OH^-]$ の積は（　　　　　　　　　　）となり, これを（　　　　　　　　　　）という。

Chapter2　水素イオン濃度と液性

水溶液の液性は水溶液中の水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ で決まる。

25℃において $[H^+]$ と液性の関係は以下のようになる。

・純水と同じ，すなわち $[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　中性

・純水より大きい，すなわち $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　酸性

・純水より小さい，すなわち $[H^+] < 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　塩基性

まとめ

・ 25℃において $[H^+]$ と液性の関係は以下のようである

$[H^+] = 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　(　　　　　)

$[H^+] > 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　(　　　　　)

$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7}$（mol/L）のとき　→　(　　　　　)

Chapter3　水素イオン濃度の求め方

要点

水素イオン濃度 $[H^+]$ の求め方

濃度 C（mol/L），m 価，電離度 α の酸の水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ は次のように求めることができる。

$$[H^+] = C \times m \times \alpha$$

例　0.020mol/L の酢酸水溶液（電離度 $\alpha = 0.010$）の水素イオンのモル濃度の値を求めよ。

酢酸は 1 価の酸であるため，水素イオンのモル濃度は次のようになる。

$[H^+] = 0.020 \times 1 \times 0.010 = \underline{2.0 \times 10^{-4}}$（mol/L）

また，物質が塩基の場合には，次のように水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ を求め，水のイオン積 K_w を利用することで $[H^+]$ を求めることができる。

要点

水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ の求め方

濃度 C（mol/L），m 価，電離度 α の塩基の水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ は次のように求めることができる。

$$[OH^-] = C \times m \times \alpha$$

例 0.10mol/L のアンモニア水（電離度 $\alpha = 0.010$）の水素イオンのモル濃度の値を求めよ。

アンモニアは 1 価の塩基であるため，水酸化物イオンのモル濃度は次のようになる。

$$[OH^-] = 0.10 \times 1 \times 0.010 = \underline{1.0 \times 10^{-3}\ (\text{mol/L})}$$

また，$K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$（$\text{mol}^2/\text{L}^2$）であるため，水素イオンのモル濃度は以下のように求めることができる。

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-3}} = \underline{1.0 \times 10^{-11}\ (\text{mol/L})}$$

Chapter4　演習問題

問 次の水溶液の水素イオンのモル濃度を求めよ。ただし，水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$（$\text{mol}^2/\text{L}^2$）とする。

(1) 0.050mol/L のアンモニア水（電離度 $\alpha = 0.020$）

(2) 0.020mol/L 塩酸

< Note >

第 18 講　PART1　確認問題

問　水はわずかに電離しており，水素イオン H^+ と水酸化物イオン OH^- を生じている。（　ア　）℃においては，水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ と水酸化物イオンのモル濃度 $[OH^-]$ はともに 1.0×10^{-7}(mol/L) であるため，$[H^+]$ と $[OH^-]$ の積は 1.0×10^{-14} (mol^2/L^2) となり，これを水のイオン積 K_w という。また，水溶液の液性は $[H^+]$ で決まり，（　ア　）℃において $[H^+] > 1.0 \times 10^{-7}$(mol/L) であれば（　イ　），$[H^+] < 1.0 \times 10^{-7}$(mol/L) であれば（　ウ　）である。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまる数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　20　②　25　③　30　④　35

(2)　文中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　酸性　②　中性　③　塩基性

(3)　文中の（　ウ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　酸性　②　中性　③　塩基性

(4)　ある濃度の酢酸水溶液（電離度 $\alpha = 0.20$）の水素イオンのモル濃度が 8.0×10^{-3} mol/L であった。この酢酸水溶液のモル濃度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　4.0×10^{-2} mol/L　②　4.0×10^{-3} mol/L
③　1.6×10^{-3} mol/L　④　1.6×10^{-4} mol/L

(5)　0.050mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の水素イオンのモル濃度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　5.0×10^{-2} mol/L　②　5.0×10^{-12} mol/L
③　2.0×10^{-1} mol/L　④　2.0×10^{-13} mol/L

< Note >

PART2 pH

目標　・pH とは何かを理解し，求めることができるようになろう

Chapter1　pHと水溶液の液性

要点

pH（水素イオン指数）

水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ を，以下のようにわかりやすい表記で表したもの

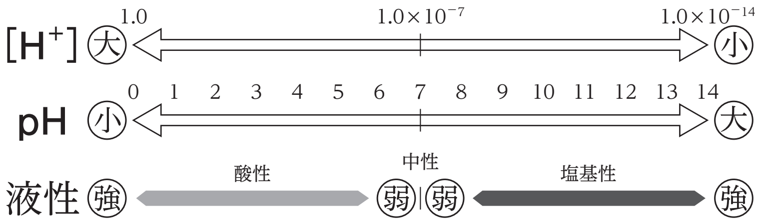
$[H^+] = 1.0 \times 10^{-n}$ (mol/L) → $\underline{pH = n}$

pH を使って液性を表現すると次のようになる。

・$pH = 7$ のとき　→　中性

・$pH < 7$ のとき　→　酸性

・$pH > 7$ のとき　→　塩基性



●酸性雨

pH が 5.6 より小さい酸性の雨。

雨水は，大気中の二酸化炭素 CO_2（酸）が溶解しているため，pH=5.6 程度の弱い酸性である。しかし，化石燃料の燃焼により生じる硫黄の酸化物 SO_x や自動車の排ガスに含まれる窒素の酸化物 NO_x が雨水に溶けると，強い酸性の硫酸や硝酸に変化するため，雨水の pH は 5.6 より小さくなる。

まとめ

・25℃において $[H^+]$ と液性の関係は以下のようである

$pH = 7$ のとき　→　（　　　　）性

$pH < 7$ のとき　→　（　　　　）性

$pH > 7$ のとき　→　（　　　　）性

Chapter2　pHの計算

要点

pH の求め方

手順 1

水素イオン濃度 $[H^+]$ を以下の式にしたがって求める。

・濃度 C(mol/L)，m 価，電離度 α の酸のとき

$$[H^+] = C \times m \times \alpha$$

・濃度 C(mol/L)，m 価，電離度 α の塩基のとき

$$[OH^-] = C \times m \times \alpha$$

より $[OH^-]$ を求め，水のイオン積 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol^2/L^2) に代入する

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]}$$

手順 2　**手順 1** で求めた水素イオン濃度 $[H^+]$ を pH にする

$[H^+] = 1.0 \times 10^{-n}$(mol/L)　→　<u>pH ＝ n</u>

例　0.10mol/L のアンモニア水（電離度 α ＝0.010）の pH を求めよ。

水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ は次のようになる。

$[OH^-] = 0.10 \times 1 \times 0.010 =$ <u>1.0×10^{-3}（mol/L）</u>

水のイオン積 K_w より，水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ は次のように求めることができる。

$[H^+] = \dfrac{K_w}{[OH^-]} = \dfrac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-3}} =$ <u>1.0×10^{-11}（mol/L）</u>

よって，<u>pH ＝ 11</u> である。

Chapter3　酸や塩基の水溶液の希釈

酸や塩基の水溶液の水を加えて希釈すると，水素イオン濃度 $[H^+]$ や水酸化物イオン濃度 $[OH^-]$ が変化するため，pH も変化する。
例えば，水溶液を 10 倍に希釈すると，濃度が $\frac{1}{10}$ 倍になるため，pH は 1 変化する。

例 水素イオン濃度 $[H^+]$ が 1.0×10^{-3}（mol/L）の酸の水溶液を 10 倍に希釈すると pH = 3 から pH = 4 に変化する

$[H^+]=1.0 \times 10^{-3}$(mol/L) —10 倍希釈→ $[H^+]=1.0 \times 10^{-4}$(mol/L)
すなわち pH = 3　　　　　　　　すなわち pH = 4

●希釈とpHの変化における注意点

希釈すると pH が変化するが，**「pH=7 を越えての変化」は起こらない。**
酸や塩基の水溶液に水を加えて希釈し続けると，最終的には限りなく純水に近づく。すなわち，pH = 7 に近づいていく。
酸の水溶液を希釈しても，塩基（pH > 7）にはならないことを徹底しておこう。

例 $[H^+]=1.0 \times 10^{-3}$（mol/L）の酸の水溶液を 10^6 倍に希釈すると pH はいくらになるか。

×誤答
$[H^+]=1.0 \times 10^{-3} \times \frac{1}{10^6} = 1.0 \times 10^{-9}$（mol/L）となるため，pH = 9 になる
○正答
純水に近づくため，pH=7 に限りなく近づく

Chapter4　pHの測定

水溶液のpHはpH試験紙やpH計を使って測定する。

また，pHが変化する実験（**例**　中和滴定）では，**pH指示薬**を使う。

要点

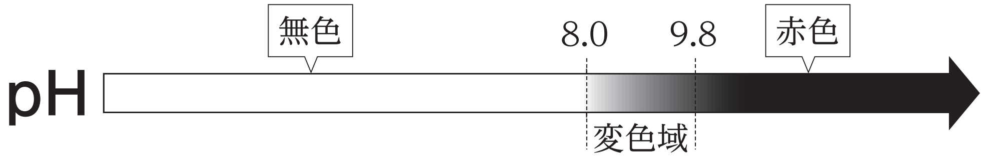
pH指示薬

pHの変化により色が変化する試薬。

色が変化するpHの範囲は指示薬によって異なり，これを変色域という。

●代表的なpH指示薬

・フェノールフタレイン（PP）→　変色域pH＝8.0 ～ 9.8で無色から赤色に変化



・メチルオレンジ (MO)　→　変色域pH＝3.1 ～ 4.4で赤色から黄色に変化

まとめ

・pH指示薬には変色域が塩基性の（　　　　　　　　　　）と酸性の（　　　　　　　　　　）があり，それぞれ，色の変化は（　　　）色から（　　　）色，（　　　）色から（　　　）色である

Chapter5　演習問題

問　以下の問いに答えよ。

(1)　0.010mol/L塩酸のpHはいくらか。

(2)　pH=3.0，0.10mol/Lの酢酸の電離度はいくらか。

第18講 PART2 確認問題

問 pHは水素イオン指数とも呼ばれ，水素イオンのモル濃度 $[H^+]$ をわかりやすい表記で表したものである。25℃においては，pHと液性の関係は（ ア ）のとき酸性，（ イ ）のとき塩基性となる。水溶液のpHはpH試験紙やpH計, pHが変化する実験(中和滴定)で測定することができ, 中和滴定ではpH指示薬を使ってpHの変化を確認できる。代表的なpH指示薬としては, 変色域pH＝8.0 ～ 9.8で無色から(ウ)に変化するフェノールフタレインや，変色域pH＝3.1 ～ 4.4のメチルオレンジなどがあげられる。

(1) 文中の（ ア ）にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① $pH < 7$　② $pH = 7$　③ $pH > 7$

(2) 文中の（ イ ）にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

① $pH < 7$　② $pH = 7$　③ $pH > 7$

(3) 文中の（ ウ ）にあてはまるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① 赤色　② 青色　③ 黄色　④ 緑色

(4) 0.010mol/Lのアンモニア水（電離度 α =0.010）のpHとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。(水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}(mol^2/L^2)$)

① $pH = 9$　② $pH = 10$　③ $pH = 11$　④ $pH = 12$

(5) ある濃度の塩酸を 10^3 倍に希釈したところ，pH ＝ 6に変化した。この塩酸の希釈前のpHとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $pH = 2$　② $pH = 3$　③ $pH = 4$　④ $pH = 5$

(6) 次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① pH ＝ 2 の硫酸のモル濃度は 5.0×10^{-3}mol/L である。

② メチルオレンジは変色域 pH ＝ 3.1 ～ 4.4 で赤色から黄色に変化する。

③ pH が 5.6 より小さい酸性の雨を酸性雨という。

④ pH ＝ 13 の水酸化ナトリウム水溶液を 10^{7} 倍に希釈すると pH ＝ 6 になる。

第 19 講　中和反応と塩

PART1　中和反応と化学反応式

目標　・中和反応を理解し，化学反応式を作れるようになろう！

Chapter1　中和反応

要点

中和反応（中和）

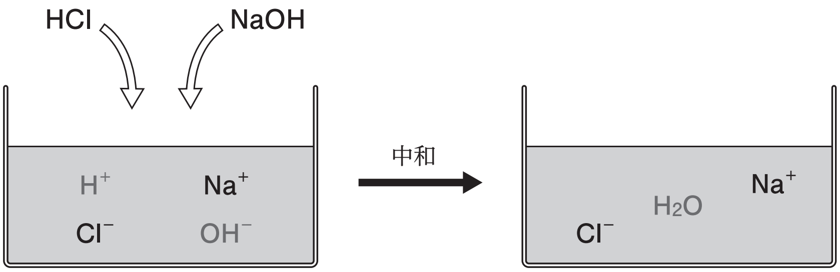
酸と塩基が反応。酸の H^+ と塩基の OH^- から水 H_2O が生成し，酸の性質も塩基の性質も打ち消される。

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

例　塩酸と水酸化ナトリウムの反応

$$\underline{H}Cl + Na\underline{OH} \rightarrow \underline{H_2O} + NaCl$$

注意！　この反応において，H_2O と一緒に生成する NaCl は水溶液中で電離し，Na^+ と Cl^- として存在している



よって，上記の化学変化を，イオンを使って表すと次のようになる。

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \rightarrow H_2O + Na^+ + Cl^-$$

反応前後で変化していないイオンを省略すると，次のようなイオン反応式となる。

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

●H_2Oが生成しない中和

塩化水素（気体）とアンモニア（気体）の中和反応を化学反応式で書くと以下のようになる。

$HCl + NH_3 \rightarrow NH_4Cl$

この反応はブレンステッド・ローリーの定義で考える。

酸　：HCl　→　NH_3 に H^+を与え，Cl^-へ変化

塩基：NH_3　→　HCl から H^+を受け取り NH_4^+へ変化

まとめ

・酸と塩基の反応を（　　　　）反応という

・酸の（　　　　）と塩基の（　　　　）から水が生成し，酸の性質も塩基の性質も打ち消される

Chapter2　中和反応の化学反応式

●中和反応の化学反応式の作り方

硫酸と水酸化ナトリウムの中和反応を例に，中和反応の化学反応式の作り方を確認しよう。

(1)　反応物（酸と塩基）の化学式を書く

$H_2SO_4 + NaOH$

(2)　H^+と OH^-の数を合わせるように係数を決める

（H^+が 2 つあるので OH^-も 2 つにするよう，NaOH の係数を 2 にする）

$H_2SO_4 + \underline{2}NaOH$

(3)　H^+と OH^-の数だけ右辺に H_2O を書く

（H^+と OH^-が 2 つずつなので，H_2O を 2 つ書く）

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow \underline{2}H_2O$

(4)　左辺の残りのイオンを合わせて右辺に書く

（SO_4^{2-}と Na^+ 2 つを合わせて Na_2SO_4 にする）

$H_2SO_4 + 2NaOH \rightarrow \underline{2}H_2O + Na_2SO_4$

さまざまな酸と塩基の組み合わせで化学反応式を書く練習をしてみよう。

Chapter3　演習問題

問　次の化学反応式を書け。

(1)　硝酸＋水酸化バリウム

(2)　酢酸＋水酸化ナトリウム

< Note >

第19講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 硫酸と水酸化銅（Ⅱ）の中和反応の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $2H_2SO_4 + Cu(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + CuSO_4$

② $H_2SO_4 + Cu(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + CuSO_4$

③ $H_2SO_4 + Cu(OH)_2 \rightarrow H_2O + CuSO_4$

④ $2H_2SO_4 + 2Cu(OH)_2 \rightarrow H_2O + 2CuSO_4$

(2) 塩酸と水酸化カルシウムの中和反応の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + 2CaCl_2$

② $2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow H_2O + CaCl_2$

③ $2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + CaCl_2$

④ $HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow H_2O + CaCl_2$

(3) 炭酸と水酸化ナトリウムの中和反応の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

① $2H_2CO_3 + 2NaOH \rightarrow H_2O + 2Na_2CO_3$

② $H_2CO_3 + 2NaOH \rightarrow 2H_2O + 2Na_2CO_3$

③ $H_2CO_3 + NaOH \rightarrow H_2O + Na_2CO_3$

④ $H_2CO_3 + 2NaOH \rightarrow 2H_2O + Na_2CO_3$

(4) 次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 中和反応の中には H_2O が生成しない反応もある。

② HCl と KOH の反応で生成する KCl は水溶液中で K^+，Cl^-として存在する。

③ CH_3COOH と $Ba(OH)_2$ の中和反応では CH_3COOH が塩基としてはたらく。

④ 中和反応では酸の性質も塩基の性質も打ち消される。

< Note >

PART2 塩（えん）

目標　・塩の分類と液性を答えられるようになろう

Chapter1　塩の分類

要点

塩（えん）

「酸から生じる陰イオン」と「塩基から生じる陽イオン」からなるイオン結合の物質。
錯イオンを含む塩は錯塩（さくえん）という。

中和反応が起こると，水とそれ以外の物質を生じる。

$$HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$$

この「それ以外」の物質（NaCl）は，酸（HCl）の陰イオン「Cl^-」と，塩基（NaOH）の陽イオン「Na^+」からできているため，塩とよばれる。

塩はイオン結合の物質なので，基本的に水に溶けて電離する。

例外　AgCl のような沈殿

●塩の分類

塩は以下の 3 種に分類される。化学式を書けば簡単に判断できる。

① **酸性塩**　：酸の H が残っている塩

例　炭酸水素ナトリウム $NaHCO_3$

② **塩基性塩**：塩基の OH が残っている塩

例　塩化水酸化銅 (Ⅱ)CaCl(OH)

③ **正塩**　　：酸の H も塩基の OH も残っていない塩

例　塩化ナトリウム NaCl，酢酸ナトリウム CH_3COONa

→ CH_3COONa の H は酸由来の H^+になる H ではないことに気をつけよう！

これらの分類は，化学式上で分類しただけで，<u>実際に塩が水溶液中で何性を示すかとは一切関係ない</u>。

例　CH_3COONa は正塩だが水溶液は塩基性を示す

まとめ

・酸から生じる陰イオンと塩基から生じる陽イオンからなる物質を（　　　）といい，次の 3 種類に分類される。

・酸の H が残っている　→　（　　　　　　　）

・塩基の OH が残っている　→　（　　　　　　　）

・どちらも残っていない　→　（　　　　　　　）

Chapter2　塩の液性

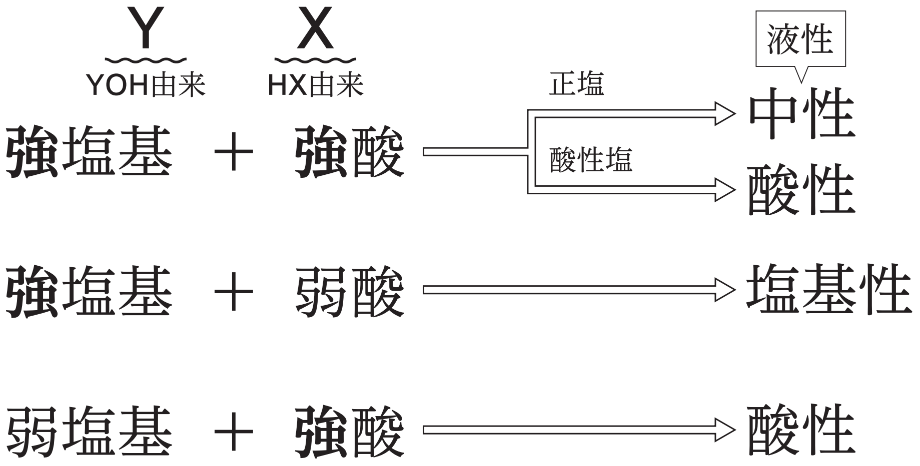
塩の液性とは，塩が水に溶けたときに何性を示すかということである。

要点

塩の液性の判断方法

酸 HX と塩基 YOH の中和反応によって生じる塩 YX の液性

$$\underset{\text{酸}}{HX} + \underset{\text{塩基}}{YOH} \rightarrow H_2O + \underset{\text{塩}}{YX}$$



慣れるまでは，塩 YX を酸 HX と塩基 YOH に変えて考えよう。

例　塩化ナトリウム NaCl

Na^+に OH^-をつける　→ NaOH（強塩基）

Cl^-に H^+をつける　→ HCl（強酸）

強酸と強塩基からできている正塩なので中性

まとめ

Y（YOH由来）　X（HX由来）

液性

強塩基 ＋ 強酸 → 正塩（　　）／酸性塩（　　）

強塩基 ＋ 弱酸 →（　　　）

弱塩基 ＋ 強酸 →（　　）

Chapter3　塩の反応

塩の反応である弱酸・弱塩基遊離反応を確認してみよう。

要点

弱酸遊離反応（弱酸由来の塩＋強酸）

$$\underset{\text{弱酸由来の塩}}{YX} + \underset{\text{強酸}}{HA} \rightarrow \underset{\text{弱酸}}{HX} + \underset{\text{強酸由来の塩}}{YA}$$

弱塩基遊離反応（弱塩基由来の塩＋強塩基）

$$\underset{\text{弱塩基由来の塩}}{YX} + \underset{\text{強塩基}}{BOH} \rightarrow \underset{\text{弱塩基}}{YOH} + \underset{\text{強塩基由来の塩}}{BX}$$

弱酸や弱塩基は電離度が小さいため，電離しにくい。すなわち，くっつきやすい。

$$\underset{\text{弱酸}}{HX} \rightleftarrows H^+ + \underset{\text{弱酸由来のイオン}}{X^-}$$

（← くっつきやすい）

$$\underset{\text{弱塩基}}{YOH} \rightleftarrows Y^+ + \underset{\text{弱塩基由来のイオン}}{OH^-}$$

（← くっつきやすい）

よって，反応物の中に弱酸や弱塩基を見つけたらくっつけてみよう！

例 酢酸ナトリウム CH_3COONa と塩酸 HCl

(1) 反応物を書く

$\underline{CH_3COO}Na + \underline{H}Cl$ ←弱酸の組み合わせがある！！（CH_3COO^-と H^+）

(2) 弱酸の組み合わせをくっつける

$\underline{CH_3COO}Na + \underline{H}Cl \rightarrow \underline{CH_3COOH}$

(3) 残ったイオンをくっつけて塩にする

$CH_3COO\underline{Na} + H\underline{Cl} \rightarrow CH_3COOH + \underline{NaCl}$

さまざまな酸と塩基の組み合わせで化学反応式を書く練習をしよう。

Chapter4 演習問題

問 次の化学反応式を書け。

(1) 炭酸ナトリウム＋塩酸

(2) 塩化アンモニウム＋水酸化ナトリウム

第19講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　次の①～④の塩のうち，酸性塩に該当するものとして最も適当なものを一つ選べ。

①　$ZnCl_2$　②　Na_2CO_3　③　$NaHSO_4$　④　Na_2SO_4

(2)　次の①～④の塩のうち，正塩に**該当しないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$FeCl_3$　②　$CuCl(OH)$　③　CH_3COONa　④　$NaNO_3$

(3)　硫酸ナトリウムを水に溶かしたとき，その水溶液の液性は何性を示すか。最も適当なものを，次の①～③のうちから一つ選べ。

①　酸性　②　中性　③　塩基性

(4)　ある塩を水に溶かしたとき，その水溶液の液性は酸性を示した。この塩に該当するものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　KNO_3　②　$NaHCO_3$　③　K_2CO_3　④　$CuCl_2$

(5)　酢酸カリウムと硫酸が反応して，弱酸が遊離するときの化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$2CH_3COOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + K_2SO_4$

②　$CH_3COOK + H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + K_2SO_4$

③　$2CH_3COOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + 2K_2SO_4$

④　$2CH_3COOK + 2H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + 2K_2SO_4$

(6)　硫酸アンモニウムと水酸化カリウムが反応して，弱塩基が遊離するときの化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH \rightarrow 2NH_3 + 2H_2O + 2K_2SO_4$

②　$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH \rightarrow 2NH_3 + 2H_2O + K_2SO_4$

③　$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH \rightarrow 2NH_3 + H_2O + K_2SO_4$

④　$(NH_4)_2SO_4 + KOH \rightarrow NH_3 + H_2O + K_2SO_4$

< Note >

第 20 講　中和滴定
PART1　中和点での量的関係

目標　・中和点での量的関係の関係式をつくれるようになろう

Chapter1　中和点での量的関係

要点

中和点

酸と塩基が過不足なく反応する点。

中和点での量的関係

中和点では次の式が成立する。

H^+の物質量 ＝ OH^-の物質量

すなわち

酸の物質量×価数 ＝ 塩基の物質量×価数

中和反応の反応式を思い出してみよう。

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

これより，中和点では「H^+の物質量 ＝ OH^-の物質量」が成立することがわかる。

●H^+の物質量，OH^-の物質量の求めかた

・H^+の物質量 → 酸の物質量×価数

例　塩酸 2mol に含まれる H^+の物質量を求めよ。

塩酸 HCl は 1 価の酸であるため，H^+は HCl の物質量の 1 倍存在する。

2 × 1 ＝ <u>2mol</u>

・OH^-の物質量 → 塩基の物質量×価数

例　水酸化カルシウム 2mol に含まれる OH^-の物質量

水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ は 2 価の塩基であるため，OH^- は $Ca(OH)_2$ の物質量の 2 倍存在する。

$2 \times 2 = \underline{4\text{mol}}$

以上より，中和点における量的関係の式は次のように表すことができる。

酸の物質量×価数＝塩基の物質量×価数

例 硫酸 0.10mol と過不足なく反応する水酸化ナトリウムの物質量は何 mol か？

水酸化ナトリウムの物質量を n（mol）とすると，硫酸は 2 価の酸，水酸化ナトリウムは 1 価の塩基であるため，次のようになる。

$0.10 \times 2 = n \times 1$　　　　$\underline{n = 0.20\ (\text{mol})}$

まとめ

・酸と塩基が過不足なく反応する点を（　　　　　　）という。

この点では H^+ と OH^- の物質量に次のような量的関係が成立する。

（　　　　　　　　＝　　　　　　　　）

これを酸や塩基の物質量と価数を用いて表すと次のようになる。

（　　　　　　　　　　　　　　　　）

Chapter2　モル濃度を使った量的関係の式

要点

C_1mol/L，n 価の酸 V_1mL と C_2mol/L，m 価の塩基 V_2mL の中和点における量的関係

$$C_1 \times \frac{V_1}{1000} \times n = C_2 \times \frac{V_2}{1000} \times m$$

●モル濃度を使った中和点での量的関係の式

最も多いのが，酸や塩基の情報をモル濃度と体積で与えてくる場合である。

(1)　**酸や塩基の情報を物質量に変える**

中和点では「酸の物質量×価数＝塩基の物質量×価数」が成立しているため，まず，酸や塩基の情報を物質量に変えてみよう。

モル濃度（mol/L）に体積（L）をかけると，物質量（mol）を導くことができる。

モル濃度（mol/L）× 体積（L）※ ＝ 物質量（mol）

※通常，体積は「mL」の単位で与えられるため $\frac{1}{1000}$ 倍して「L」に変えよう

(2) **モル濃度を使った中和点での量的関係の式**

C_1mol/L，n 価の酸 V_1mL と C_2mol/L，m 価の塩基 V_2mL の中和点における量的関係は，次のように表すことができる。

「酸の物質量×価数＝塩基の物質量×価数」になっていることを確認しておこう。

$$\underbrace{C_1 \times \frac{V_1}{1000}}_{\text{酸の mol}} \times n = \underbrace{C_2 \times \frac{V_2}{1000}}_{\text{塩基の mol}} \times m$$

例 0.10mol/L の硫酸 10.0mL と過不足なく反応する 0.20mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL か。

水酸化ナトリウムの体積を x（mL）とすると，硫酸は 2 価の酸，水酸化ナトリウムは 1 価の塩基であるため，次のような量的関係の式が成立する。

$$0.10 \times \frac{10.0}{1000} \times 2 = 0.20 \times \frac{x}{1000} \times 1 \qquad x = 10.0 \qquad \boxed{10.0(\text{mL})}$$

Chapter3　質量パーセント濃度を使った量的関係の式

酸や塩基の情報を質量パーセント濃度で与えられたときの量的関係の式のつくり方を確認してみよう。

要点

X%，d_1（g/mL），n 価，分子量 M_1 の酸 V_1mL と Y%，d_2（g/mL），m 価，分子量 M_2 の塩基 V_2mL の中和点における量的関係

$$V_1 \times d_1 \times \frac{X}{100} \times \frac{1}{M_1} \times n = V_2 \times d_2 \times \frac{Y}{100} \times \frac{1}{M_2} \times m$$

●質量パーセント濃度から物質量を導く式

(1) **酸や塩基の情報を物質量に変える**

①体積（mL）×密度（g/mL）で，酸や塩基の溶液の質量（g）を導く。

体積（mL）×密度（g/mL）＝ 溶液の質量（g）

②質量パーセント濃度を使って酸や塩基の質量 (g) にする。

$$\text{溶液の質量 (g)} \times \frac{\text{質量パーセント濃度}}{100} = \text{酸または塩基の質量（g）}$$

③酸や塩基の質量（g）を分子量（すなわちモル質量 g/mol）で割って物質量（mol）に変える

$$\text{酸または塩基の質量 (g)} \times \frac{1}{\text{酸または塩基の分子量 (g/mol)}}$$
$$= \text{酸または塩基の物質量 (mol)}$$

まとめると，次のようになる。

$$\text{体積 (mL)} \times \text{密度 (g/mL)} \times \frac{\text{質量パーセント濃度}}{100} \times \frac{1}{\text{酸または塩基の分子量 (g/mol)}}$$
$$= \text{酸または塩基の物質量 (mol)}$$

⑵　質量パーセント濃度を使った中和点での量的関係

X%，d_1(g/mL)，n 価，分子量 M_1 の酸 V_1mL と Y%，d_2(g/mL)，m 価，分子量 M_2 の塩基 V_2mL の中和点における量的関係は，次のように表すことができる。

「酸の物質量×価数＝塩基の物質量×価数」になっていることを確認しておこう。

$$\underbrace{V_1 \times d_1 \times \frac{X}{100} \times \frac{1}{M_1}}_{\text{酸の mol}} \times n = \underbrace{V_2 \times d_2 \times \frac{Y}{100} \times \frac{1}{M_2}}_{\text{塩基の mol}} \times m$$

例　10% の塩酸 (密度 1.2g/mL)10.0mL と過不足なく反応する 8.0% の水酸化ナトリウム水溶液 (密度 1.1g/mL) は何 mL か。ただし塩化水素の分子量は 36.5，水酸化ナトリウムの式量は 40 とする。

水酸化ナトリウム水溶液の体積を x（mL）とすると，塩酸は 1 価の酸，水酸化ナトリウムは 1 価の塩基であるため，次のような量的関係の式が成立する。

$$10.0 \times 1.2 \times \frac{10}{100} \times \frac{1}{36.5} \times 1 = x \times 1.1 \times \frac{8.0}{100} \times \frac{1}{40} \times 1 \qquad x = 14.9$$

15(mL)

Chapter4　演習問題

問　1.0mol/L の硫酸 15.0mL とアンモニア水溶液（密度 0.90g/mL）20.0mL が過不足なく反応したとする。このとき，アンモニア水の質量パーセント濃度は何%か。ただし，アンモニアの分子量は 17 とする。

第 20 講　PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　塩酸 0.80mol と過不足なく反応する水酸化カルシウムの物質量は何 mol か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.40mol　　②　0.80mol　　③　1.2mol　　④　1.6mol

(2)　塩酸 0.50mol と過不足なく反応する水酸化ナトリウムの質量は何 g か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，水酸化ナトリウムの式量は 40 とする。

①　10g　　②　20g　　③　40g　　④　80g

(3)　ある濃度の硫酸 20.0mL と 0.30mol/L の水酸化バリウム水溶液 40.0mL が過不足なく反応した。この硫酸のモル濃度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　0.30mol/L　　②　0.60mol/L　　③　0.90mol/L　　④　1.2mol/L

(4)　質量パーセント濃度 28% の硫酸（密度 1.2g/mL）70.0mL と過不足なく反応する質量パーセント濃度 40% の水酸化カリウム水溶液（密度 1.4g/mL）は何 mL か。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，硫酸の分子量は 98，水酸化カリウムの式量は 56 とする。

①　12.0mL　　②　24.0mL　　③　48.0mL　　④　72.0mL

< Note >

PART2 中和滴定

目標 ・中和滴定の実験器具や滴定操作をしっかりとおさえよう

Chapter1 実験器具

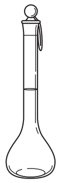
要点

中和滴定

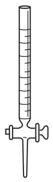
濃度が正確にわかっている水溶液（**標準液**※（**標準溶液**））で濃度不明の酸や塩基を中和し，中和点での量的関係から未知の濃度を決定する操作

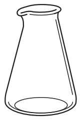
※代表例はシュウ酸水溶液

実験器具


メスフラスコ

ホールピペット


ビュレット


コニカルビーカー

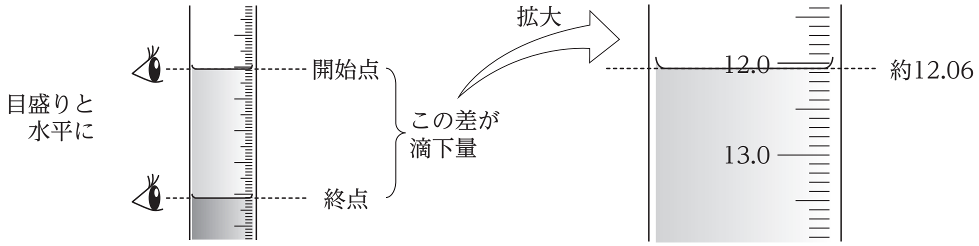
器具	用途	使用前の洗い方
メスフラスコ	正確な濃度の溶液を調製する	純水で洗い，ぬれたまま使用
ホールピペット	正確な体積の溶液をはかり取る	純水で洗い，共洗いしてから使用
ビュレット	溶液を滴下し，その体積を読みとる	純水で洗い，共洗いしてから使用
コニカルビーカー	酸と塩基を反応させる	純水で洗い，ぬれたまま使用

※共洗い：使用する溶液ですすぐこと

●ビュレットの目盛りの読み取りかた

・開始点と終点を読み取り，その差が滴下量である（開始点は 0 でなくて良い）

・1 目盛りの 10 分の 1 まで目分量で読み取る



まとめ

中和滴定に使用する実験器具

・正確な濃度の溶液を調製する　→（　　　　　　　　　　）

・正確な体積の溶液をはかり取る　→（　　　　　　　　　　）

・溶液を滴下し，その体積を読む　→（　　　　　　　　　　）

・酸と塩基を反応させる　→（　　　　　　　　　　）

Chapter2　滴定操作

要点

中和滴定の操作

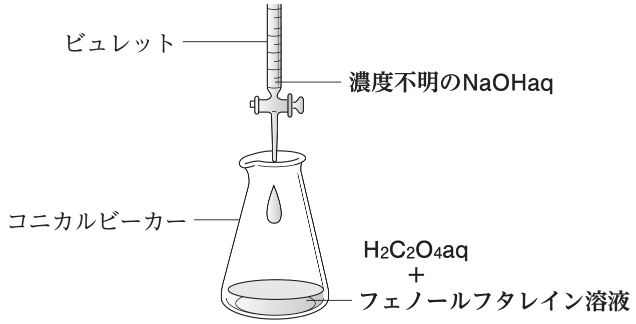
① メスフラスコで調製した標準液（標準溶液）をホールピペットで取り出し，コニカルビーカーに入れる

② 指示薬を加える

③ 濃度不明の溶液をビュレットに入れ，コニカルビーカーに滴下する

④ 中和点（指示薬の色が変化）までの滴下量を読み取る

⑤ 読み取った滴下量を使って中和点での量的関係の式をつくり，不明な濃度を求める

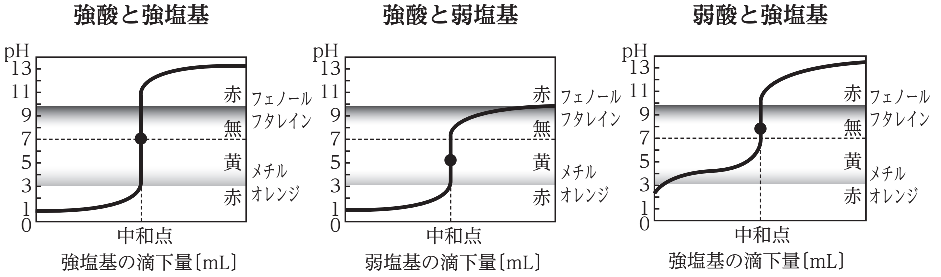


Chapter3　滴定曲線

要点

滴定曲線

中和滴定をおこなったとき，滴下した水溶液の体積と，コニカルビーカー内の溶液のpHの変化をグラフにしたもの



コニカルビーカーに酸の水溶液をとり，ビュレットから塩基の水溶液を滴下する中和滴定で考えてみよう。

●滴定前のpH

コニカルビーカーに入れた酸のpH

強酸 → pH＝1～2

弱酸 → pH≒3

●中和点のpH

強酸＋強塩基 → pH=7

強酸＋弱塩基 → pH ＜ 7

弱酸＋強塩基 → pH ＞ 7

●滴定後のpH

ビュレットに入れた塩基の pH に近づく

強塩基 → pH ＝ 12 ～ 13 に近づく

弱塩基 → pH ＝ 10 ～ 11 に近づく

●指示薬

変色域が中和点での pH の変化の範囲に入っているものを使用する

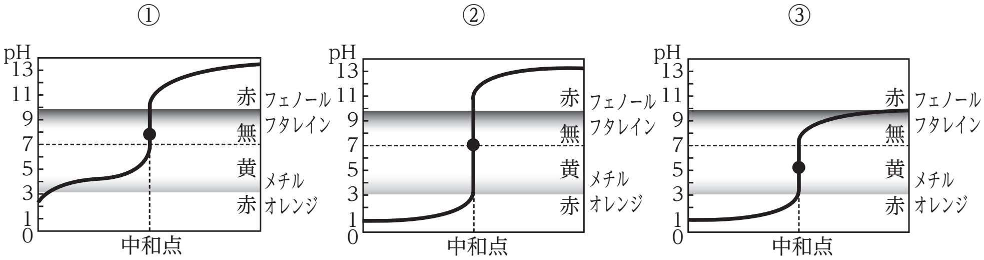
強酸＋強塩基 → フェノールフタレイン，メチルオレンジ

強酸＋弱塩基 → メチルオレンジ

弱酸＋強塩基 → フェノールフタレイン

Chapter4　演習問題

問　濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液の濃度を決定するため，シュウ酸水溶液を使って中和滴定をおこなった。このときの滴定曲線として最も適切なものを，次の①～③の中から 1 つ選べ。



第 20 講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　中和滴定に使用する実験器具のうち，正確な濃度の溶液を調製するのに用いるものはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　メスフラスコ　　②　ホールピペット

③　ビュレット　　④　コニカルビーカー

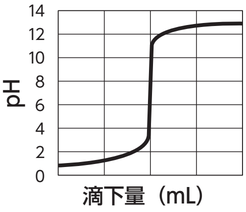
(2)　中和滴定に使用する実験器具のうち，正確な体積の溶液をはかり取るのに用いるものはどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　メスフラスコ　　②　ホールピペット

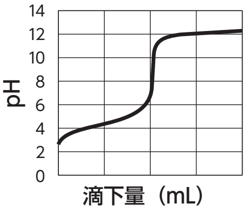
③　ビュレット　　④　コニカルビーカー

(3)　濃度不明の酢酸水溶液に，水酸化ナトリウム水溶液を滴下して中和滴定をおこなった。このときの滴定曲線として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

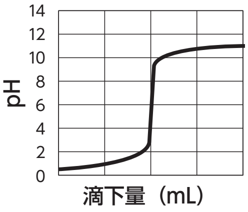
a



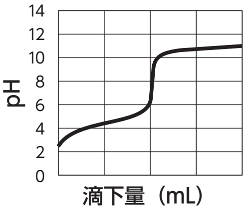
b



c



d



①　a　　②　b　　③　c　　④　d

(4)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　ビュレットは 1 目盛りの 10 分の 1 まで目分量で読み取る。

②　強酸と弱塩基の中和滴定では指示薬としてメチルオレンジを使用する。

③　ビュレットは純水で洗い，共洗いしてから使用する。

④　ホールピペットは純水で洗い，ぬれたまま使用する。

< Note >

第21講　酸化・還元

PART1　酸化・還元と酸化数

目標　・酸化・還元とは何か，酸化数とは何かをしっかりと理解しよう

Chapter1　酸化・還元

要点

酸化

物質が電子（以下 e^-）を失うこと。

e^-を失った物質は「酸化された」と表す。

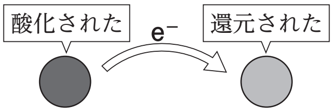
一般的に「酸素原子を得る」「水素原子を失う」も酸化である。

還元

物質が e^-を得ること。

e^-を得た物質は「還元された」と表す。

酸化と還元は同時に進行する



酸化還元は，酸素原子や水素原子による定義もあるが，酸素原子や水素原子が関与しない酸化還元反応も多くある。

例　$Cu + Cl_2 \rightarrow CuCl_2$

よって，酸化還元は e^-での定義を徹底しておこう。

まとめ

酸化還元の定義

	酸化	還元
電子 e^-	（　　　）	（　　　）

Chapter2　酸化数

要点

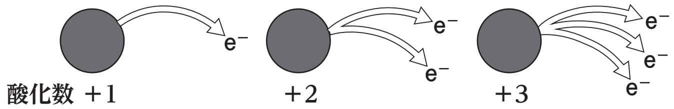
酸化数

実質的な電荷。**酸化数が増加すると「酸化」，減少すると「還元」**されていることがわかる。酸化数を調べることで，反応に関与した e^- の数を知ることができる。

酸化や還元が起こると e^- が移動するが，その e^- は化学反応式には表記されず，確認することができない。そこで，「見えない e^- をとらえる方法」の 1 つとして，**酸化数を調べる**方法がある。

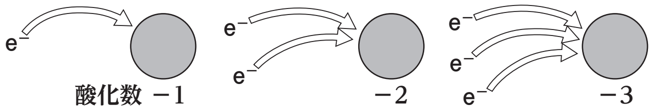
●酸化される物質は e^- を失う

e^- を 1 つ失うと + 1, 2 つ失うと + 2, 3 つ失うと + 3…と, **失った e^- の数だけ正に帯電(電荷が増加)**する。



●還元される物質は e^- を得る

e^- を 1 つ得ると − 1, 2 つ得ると − 2, 3 つ得ると − 3…と, **得た e^- の数だけ負に帯電（電荷が減少）**する。



このように，実質的な電荷すなわち酸化数を調べることで，酸化や還元が起こっていることを確認できる。

まとめ

・酸化されると酸化数が（　　　　）し，還元されると酸化数が（　　　　）する。

Chapter3　酸化数の求め方

要点

① 単体 → 酸化数＝ 0

② 化合物 → 構成する原子の酸化数の総和＝ 0

③ 単原子イオン → 酸化数＝イオンの価数

多原子イオン →構成する原子の酸化数の総和＝イオンの価数

④ 化合物中の H 原子 → 酸化数＝＋ 1（金属の水素化物のときは，酸化数＝− 1）

化合物中の O 原子 → 酸化数＝− 2（過酸化物のときは，酸化数＝− 1）

⑤ アルカリ金属元素 → ＋ 1　　2 族元素 → ＋ 2　　ハロゲン元素 → − 1

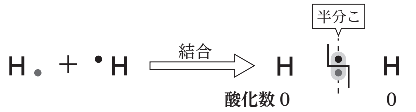
手順 1　④にしたがって，H 原子と O 原子の酸化数を決定

手順 2　⑤にしたがって，H，O 以外の原子の酸化数を決定（ない場合は必要なし）

手順 3　化合物は②，他原子イオンは③にしたがい，目的の原子の酸化数を決定

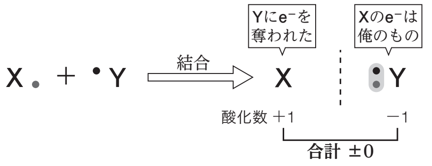
① 単体 → 酸化数＝ 0

電気陰性度が同じ原子同士なので，共有電子対はどちらかの原子にかたよらない。



② 化合物 → 構成する原子の酸化数の総和＝ 0

e^-を失う原子と e^-を得る原子があり，全体では電荷をもたない。



③ 単原子イオン → 酸化数＝イオンの価数

多原子イオン →構成する原子の酸化数の総和＝イオンの価数

酸化数も価数も電荷であるため，イオンの場合，酸化数はイオンの価数と一致する。

④ 化合物中の H 原子 → 酸化数＝＋ 1（金属の水素化物のときは，酸化数＝− 1）

H 原子は非金属の中では電気陰性度が小さいため，基本的に e^-を失い，酸化数は＋ 1 になりやすい。

	H	:Cl
電気陰性度	小	大
酸化数	+1	−1

ただし，金属原子と比較すると H 原子のほうが，電気陰性度が大きいため，金属の水素化物のときには H 原子の酸化数は－ 1 となる。

	Na	:H
電気陰性度	小	大
酸化数	+1	−1

化合物中の H 原子 → 酸化数＝＋ 1（金属の水素化物のときは，酸化数＝－ 1）

O 原子は電気陰性度が大きく（ F 原子に次いで第 2 位），他の原子から e^-を引き付けるため，酸化数は－ 2 になりやすい。

	H	:Ö:	H
電気陰性度	小	大	小
酸化数	+1	−2	+1

⑤ アルカリ金属元素 → ＋ 1　　2 族元素 → ＋ 2　　ハロゲン元素 → － 1

アルカリ金属元素や 2 族の元素は電気陰性度が小さいため，e^-を失ってそれぞれ＋ 1，＋ 2 に帯電しやすい。ハロゲン元素は電気陰性度が大きいため，e^-を得て－ 1 に帯電しやすい。

①～⑤をふまえ，次の順番で酸化数を定めていく。

手順 1　④にしたがって，H 原子と O 原子の酸化数を決定

手順 2　⑤にしたがって，H，O 以外の原子の酸化数を決定（ない場合は必要なし）

手順 3　化合物は②，多原子イオンは③にしたがい，目的の原子の酸化数を決定

例　過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ の Mn 原子の酸化数を求めよ。

$$KMnO_4 \rightarrow \underset{K}{\underline{(+1)}} + \underset{Mn}{\underline{(+x)}} + \underset{O}{\underline{(-2)}} \times 4 = 0 \qquad x = \underline{+7}$$

Chapter4　演習問題

問　次の(1)～(5)の下線の原子の酸化数を求めよ。

(1)　$\underline{N}_2$　　(2)　$\underline{N}O_3^-$　　(3)　$H_2\underline{S}O_4$　　(4)　$\underline{Fe}SO_4$　　(5)　$K_2\underline{Cr}_2O_7$

第 21 講　PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　酸化・還元に関する記述として**誤っているもの**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　電子を失うことを酸化という。

②　酸素原子を得ることを酸化という。

③　水素原子を失うことを還元という。

④　酸化数が減少することを還元という。

(2)　過酸化水素 H_2O_2 の O 原子の酸化数として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　－ 4　　②　－ 2　　③　－ 1　　④　＋ 1

(3)　次の①～④の下線部の原子のうち，酸化数が「－ 1」であるものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$N\underline{O}_3^{-}$　　②　$H\underline{F}$　　③　$\underline{C}H_4$　　④　$\underline{Cl}_2$

(4)　次の①～④の下線部の原子のうち，酸化数が「＋ 1」であるものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$\underline{Na}HCO_3$　　②　$\underline{C}O_2$　　③　$\underline{Ag}$　　④　$Na\underline{H}$

(5)　次の①～④の下線部の原子のうち，酸化数が最も大きいものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$\underline{Fe}(OH)_3$　　②　$\underline{K}Cl$　　③　$Ca\underline{C}O_3$　　④　$\underline{S}O_4^{2-}$

(6)　次の①～④の下線部の原子・イオンのうち，酸化数が最も小さいものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$\underline{O}_2$　　②　$\underline{N}H_3$　　③　$\underline{F^{-}}$　　④　$H_2\underline{S}$

< Note >

PART2 酸化剤・還元剤

目標　・酸化剤・還元剤が何かを理解し，代表的な酸化剤還元剤は言えるようになろう

Chapter1　酸化剤・還元剤

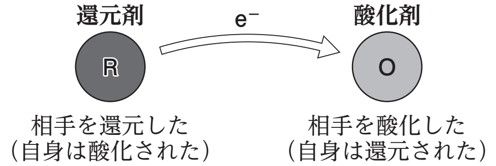
要点

酸化剤（Ⓞ）

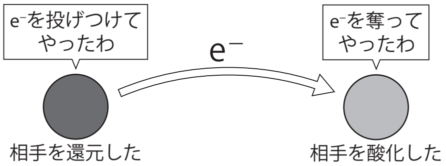
相手を酸化する物質。自身は還元される。

還元剤（Ⓡ）

相手を還元する物質。自身は酸化される。



相手を酸化する物質を酸化剤（Ⓞ），相手を還元する物質を還元剤（Ⓡ）という。



このとき，酸化剤自身は e^- を得ており，還元されていることがわかる。同様に，還元剤自身は e^- を失っており酸化されていることがわかる。

酸化剤・還元剤同様に「酸化力」「還元力」も，それぞれ相手を酸化する力，相手を還元する力という意味であることを徹底しておこう。

まとめ

・酸化剤とは, 相手を（　　　　）する物質のことで, 自身は（　　　　）される。また,
　還元剤とは，相手を（　　　　）する物質のことで，自身は（　　　　）される。

Chapter2　代表的な酸化剤・還元剤

要点

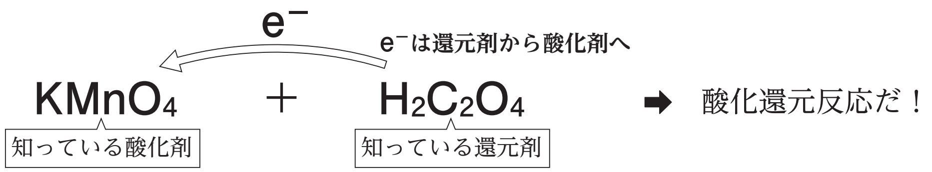
代表的な酸化剤

酸化剤	半反応式
オゾン　O_3	$O_3 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow O_2 + H_2O$
ハロゲンの単体　X_2	$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$
過酸化水素　H_2O_2　(酸性条件下) (中性・塩基性条件下)	$H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$ $H_2O_2 + 2e^- \rightarrow 2OH^-$
過マンガン酸カリウム　$KMnO_4$ (酸性条件下) (中性・塩基性条件下)	$\underset{\text{赤紫色}}{\underline{MnO_4^-}} + 5e^- + 8H^+ \rightarrow \underset{\text{ほぼ無色}}{\underline{Mn^{2+}}} + 4H_2O$ $MnO_4^- + 3e^- + 2H_2O \rightarrow MnO_2 + 4OH^-$
酸化マンガン(Ⅳ)　MnO_2	$MnO_2 + 2e^- + 4H^+ \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$
希硝酸　HNO_3	$HNO_3 + 3e^- + 3H^+ \rightarrow NO + 2H_2O$
濃硝酸　HNO_3	$HNO_3 + e^- + H^+ \rightarrow NO_2 + H_2O$
熱濃硫酸　H_2SO_4	$H_2SO_4 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow SO_2 + 2H_2O$
二クロム酸カリウム　$K_2Cr_2O_7$	$\underset{\text{赤橙色}}{\underline{Cr_2O_7^{2-}}} + 6e^- + 14H^+ \rightarrow 2\underset{\text{緑色}}{\underline{Cr^{3+}}} + 7H_2O$
二酸化硫黄　SO_2	$SO_2 + 4e^- + 4H^+ \rightarrow S + 2H_2O$

代表的な還元剤

還元剤	半反応式
金属の単体　M	$Mg \rightarrow Mg^{2+} + 2e^-$
塩化スズ(Ⅱ)　$SnCl_2$	$Sn^{2+} \rightarrow Sn^{4+} + 2e^-$
硫酸鉄(Ⅱ)　$FeSO_4$	$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$
硫化水素　H_2S	$H_2S \rightarrow S + 2e^- + 2H^+$
過酸化水素　H_2O_2	$H_2O_2 \rightarrow O_2 + 2e^- + 2H^+$
二酸化硫黄　SO_2	$SO_2 + 2H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2e^- + 4H^+$
シュウ酸　$H_2C_2O_4$	$H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2e^- + 2H^+$
ハロゲン化物イオン　X^-	$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

酸化や還元で移動する e$^-$をとらえる方法として，「酸化数を調べる」以外に「代表的な酸化剤・還元剤を知っておく」ことが必要となる。知っている酸化剤と還元剤の組み合わせのときには，酸化還元反応と判断でき，e$^-$の移動もとらえることができる。



まず，化合物名から「酸化剤」「還元剤」と答えられるようになろう。

例　二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ → 酸化剤！

次に，酸化剤や還元剤が反応後，何に変化するかを言えるようになろう。

例　二クロム酸カリウム $K_2Cr_2O_7$ → 反応後 Cr^{3+}に変化

また，酸化剤としても還元剤としてもはたらく 2 つの物質を知っておこう。

・過酸化水素 H_2O_2 → 通常は酸化剤。相手が酸化剤のときは還元剤としてはたらく

・二酸化硫黄 SO_2 → 通常は還元剤。相手が還元剤のときは酸化剤としてはたらく

酸化剤，還元剤のどちらとしてはたらいているかは，反応相手を見て判断しよう。

例　$2H_2S + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$

→反応する相手が H_2S（還元剤）なので，このとき SO_2 は酸化剤としてはたらいている

Chapter3　演習問題

問　次の化学反応式の H_2O_2 は酸化剤，還元剤のどちらとしてはたらいているか答えよ。

(1)　$\underline{H_2O_2} + 2KI + H_2SO_4 \rightarrow 2H_2O + I_2 + K_2SO_4$

(2)　$5\underline{H_2O_2} + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 5O_2 + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 8H_2O$

< Note >

第 21 講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　次の①～④の物質のうち, 還元剤に該当するものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　熱濃硫酸　②　シュウ酸　③　オゾン　④　過マンガン酸カリウム

(2)　次の①～④の物質のうち，酸化剤としても還元剤としてもはたらくものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　希硝酸　②　塩化スズ（Ⅱ）　③　二酸化硫黄　④　硫化水素

(3)　濃硝酸が酸化還元反応後に変化するものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　NO　②　NO_2　③　NO_2^-　④　NO_3^-

(4)　次の①～④の化学反応式のうち，下線部が酸化剤としてはたらいているものはどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$\underline{H_2O_2} + 2FeSO_4 + H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$

②　$MnO_2 + 4\underline{HCl} \rightarrow MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$

③　$2\underline{KI} + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$

④　$2\underline{H_2S} + SO_2 \rightarrow 3S + 2H_2O$

(5)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　還元剤は自身が酸化される。

②　金属の単体は酸化剤としてはたらく。

③　酸化力とは相手を酸化する力である。

④　二クロム酸カリウムは酸化剤としてはたらく。

＜ Note ＞

第 22 講　酸化還元滴定

PART1　酸化還元反応式

目標　・酸化還元反応を理解し，反応式をつくれるようになろう

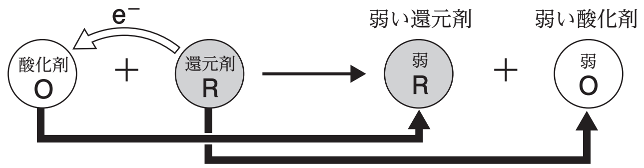
Chapter1　酸化還元反応

要点

酸化還元反応

酸化剤と還元剤の反応（酸化と還元は必ず同時に起こる）。

酸化剤は弱い還元剤へ，還元剤は弱い酸化剤へ変化する。



酸化剤と還元剤が反応し，還元剤から酸化剤に e⁻が移動する反応が酸化還元反応である。

・還元剤…e⁻を放出するため，反応後，e⁻を受け取る性質を少しもつようになる。すなわち，弱い酸化剤に変化する。

・酸化剤…e⁻を受け取るため，反応後，e⁻を放出する性質を少しもつようになる。すなわち，弱い還元剤に変化する。

まとめ

・酸化還元反応が進行すると，（　　　　）剤から（　　　　）剤へ e⁻が移動し，酸化剤は（　　　　　　　　　　）へ, 還元剤は（　　　　　　　　　　）へ変化する。

Chapter2　酸化還元反応の判断

要点

酸化還元反応の見分け方

その 1　化学反応式の中に単体があるときは酸化還元反応

その 2　知っている酸化剤と還元剤の組み合わせになっているときは酸化還元反応

その 3　左辺と右辺で酸化数の変化があれば酸化還元反応

化学反応式の中には移動するe^-が表記されないため，化学反応式をぱっと見ただけでは酸化還元反応かどうかわからない。
そこで，以下のように判断するとよい。

その１　化学反応式の中に単体があるときは酸化還元反応

例えば，左辺に単体があるとき，反応後すなわち右辺では単体ではなくなる。よって，酸化数が０から０以外に変化するため，酸化還元反応が起こっていることになる。

例　$\underset{\text{酸化数}=0\ (\text{単体})}{\underline{Cu}} + 4HNO_3 \rightarrow \underset{\text{酸化数}=+2\ (\text{化合物})}{\underline{Cu}(NO_3)_2} + 2NO_2 + 2H_2O$

また，単体が右辺にあるときも同様である。

その２　知っている酸化剤と還元剤の組み合わせになっていたら酸化還元反応

知っている酸化剤と還元剤の組み合わせになっているときは酸化還元反応と判断できる。

例　$2\underset{\text{酸化数}}{\underline{KMnO_4}} + 5\underset{\text{還元剤}}{\underline{H_2C_2O_4}} + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4$

その３　左辺と右辺で酸化数の変化があれば酸化還元反応

各元素の酸化数を調べ，左辺と右辺で酸化数の変化があれば酸化還元反応と判断できる。しかし，すべての酸化数を調べるのは時間がかかる作業である。
まずは［その１］と［その２］で判断し, 当てはまらない場合は酸や塩基の反応を疑ってみよう。

例　$CH_3COONa + HCl \rightarrow CH_3COOH + NaCl$

［その１］でも［その２］でもない…（弱酸遊離反応）

まとめ

以下の場合は酸化還元反応である

・反応式の中に（　　　　　）がある
・知っている（　　　　　）と（　　　　　）の組み合わせ
・反応前後で（　　　　　）に変化がある

Chapter3　酸化還元反応式のつくり方

要点

酸化還元反応式のつくり方

その1　酸化剤と還元剤の半反応式の e^- の係数をそろえて両式をたす

その2　省略されているイオンを追加する

酸化還元反応の化学反応式を**酸化還元反応式**という。

通常は，酸化剤と還元剤を別々に表した反応式（半反応式）を与えられるので，それを利用し，以下のように作る。

例　硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液とシュウ酸水溶液の反応

酸化剤：$MnO_4^{-※} + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$　…(1)

還元剤：$H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$　…(2)

※イオン結晶の化合物はイオンで表記する

その1　酸化剤と還元剤の半反応式の e^- の係数をそろえて両式をたす

半反応式の e^- の係数はそれぞれ「5」と「2」であるため，最小公倍数の10に揃えて2式をたす。

$$2MnO_4^- + 16H^+ + 10e^- \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O \quad \leftarrow (1)\times 2$$

$$+)\ 5H_2C_2O_4 \rightarrow 10CO_2 + 10H^+ + 10e^- \quad \leftarrow (2)\times 5$$

$$2MnO_4^- + 5H_2C_2O_4 + 6H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 10CO_2 + 8H_2O$$

その2　省略されているイオンを追加する

半反応式の中では，反応に関与していないイオンが省略されているため，最後にそれらを追加する。

$MnO_4^- \rightarrow$ $\underline{K}MnO_4$ 由来，$H^+ \rightarrow H_2\underline{SO_4}$ 由来（硫酸酸性）

左辺で追加したイオンを，同じ数だけ右辺でも追加することを忘れないようにしよう。

$$\underline{2}KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + \underline{3}H_2\underline{SO_4} \rightarrow \underline{2}Mn\underline{SO_4} + 10CO_2 + 8H_2O + \underline{K_2SO_4}$$

Chapter4　演習問題

問　次の半反応式を使って銅と濃硝酸の酸化還元反応式をつくれ。

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

$HNO_3 + H^+ + e^- \rightarrow NO_2 + H_2O$

第 22 講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 次の①～④の化学反応式のうち，酸化還元反応に該当するものとして最も適当なものを一つ選べ。

① $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$

② $Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O$

③ $2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2H_2O$

④ $CH_3COONa + HNO_3 \rightarrow CH_3COOH + NaNO_3$

(2) 次の①～④の化学反応式のうち，酸化還元反応に**該当しないもの**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

① $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

② $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$

③ $2KMnO_4 + 5SO_2 + 2H_2O \rightarrow 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4$

④ $Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + CO_2 + H_2O$

(3) 硫酸酸性の過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の酸化還元反応の化学反応式として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。ただし，過酸化水素とヨウ化カリウムの半反応式はそれぞれ以下の通りである。

過酸化水素：$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2H_2O$

ヨウ化カリウム：$2I^- \rightarrow I_2 + 2e^-$

① $H_2O_2 + 2KI + 2H_2SO_4 \rightarrow 2K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$

② $H_2O_2 + 4KI + 2H_2SO_4 \rightarrow 2K_2SO_4 + 2I_2 + 2H_2O$

③ $H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$

④ $2H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + I_2 + 4H_2O$

(4) 酸化還元反応に関する記述として**誤っているもの**を, 次の①～④のうちから一つ選べ。

① 酸化剤は反応後，弱い還元剤に変化する。

② 酸化還元反応では還元剤から酸化剤に e^- が移動する。

③ 酸化と還元は必ずしも同時に起こるとは限らない。

④ 化学反応式の左辺と右辺で酸化数の変化があれば酸化還元反応である。

PART2 酸化還元滴定

目標　・酸化還元滴定を理解し，終点での量的関係の式を作れるようになろう

Chapter1　酸化還元滴定

要点

酸化還元滴定

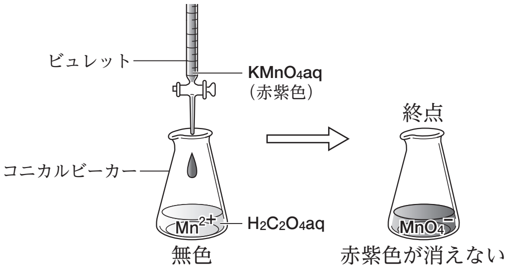
酸化剤と還元剤の標準溶液を用いて，濃度のわからない還元剤や酸化剤の濃度を求める操作（実験に使用する器具は中和滴定と同じであるため，復習しておこう）

代表的な酸化還元滴定に硫酸酸性過マンガン酸カリウムを使用するものがある。

過マンガン酸カリウムは，**反応前**（MnO_4^-）**は赤紫色**，**反応後**（Mn^{2+}）**は無色**となり，色の変化で**終点**※を確認できる。

※酸化剤と還元剤が過不足なく反応する点。等量点ともいう。（中和滴定の中和点に相当）

例　硫酸酸性過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液とシュウ酸 $H_2C_2O_4$ 水溶液の酸化還元滴定



※注意：上図の滴定における終点は「滴下した $KMnO_4$ 水溶液の赤紫色が消えずに残る点」である（終点ではコニカルビーカーの $H_2C_2O_4$ が無くなっており，滴下した $KMnO_4$ は反応しないため）

まとめ

・シュウ酸水溶液に過マンガン酸カリウム水溶液を滴下する酸化還元滴定の終点は，（　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　）点である。

Chapter2　終点での量的関係

要点

量的関係の式のつくり方

(1)　酸化還元反応式を与えられているとき

酸化剤と還元剤において「係数比＝物質量比」の式を作る

(2)　半反応式を与えられているとき

酸化剤が受け取った e^- の物質量＝還元剤が放出した e^- の物質量

終点での量的関係の式のつくり方を確認してみよう。

例　硫酸酸性過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液とシュウ酸 $H_2C_2O_4$ 水溶液の滴定を考えてみる

パターン1　酸化還元反応式を与えられたとき

酸化剤と還元剤において「係数比＝物質量比」とする。

例　$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4$

→ $KMnO_4$（酸化剤）と $H_2C_2O_4$（還元剤）の物質量比は，係数より 2:5 である。

$KMnO_4$ の物質量：$H_2C_2O_4$ の物質量＝ 2：5

パターン2　半反応式を与えられているとき

「酸化剤が受け取った e^- の物質量＝還元剤が放出した e^- の物質量」を式にする。

例　$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$　…(1)

$H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$　…(2)

・酸化剤（$KMnO_4$）が受け取った e^- の物質量

↳(1)式より $KMnO_4$ の物質量の 5 倍

・還元剤（$H_2C_2O_4$）が放出した e^- の物質量

↳(2)式より $H_2C_2O_4$ の物質量の 2 倍

以上より，次のような式となる。

$KMnO_4$ の物質量× 5 ＝ $H_2C_2O_4$ の物質量× 2

※硫酸酸性について

上記の例にもある「硫酸酸性」は,「希硫酸を加えて酸性にする」という意味。

希硫酸は酸化剤でも還元剤でもなく,ただの酸であるため,**酸化還元滴定における量的関係の式を作るときには一切関与しない**ことを,しっかりとおさえておこう。

※なぜ,酸性にする必要があるのか?

過マンガン酸カリウムは酸性のときに強い酸化剤としてはたらくため,通常酸性下で使用する。

※他の酸ではダメなのか?

硝酸や塩酸も強酸だが,これらを希硫酸の代わりに使用することはできない。なぜなら,酸化還元滴定に関与するため,正確な滴定をおこなうことができなくなるからである。

硝酸 → 酸化剤として還元剤($H_2C_2O_4$)と反応

塩酸 → 還元剤として酸化剤($KMnO_4$)と反応

まとめ

終点における量的関係の式

(1) 酸化還元反応式を与えられているとき

酸化剤と還元剤において「(　　　　　)比=(　　　　　)比」

(2) 半反応式を与えられているとき

(　　　　　　　　　　)の物質量

=(　　　　　　　　　　)の物質量

Chapter3　演習問題

問　5.00×10^{-2} mol/L のシュウ酸水溶液 10.0mL に,硫酸酸性下で過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ,18.0mL 加えたところで終点となった。

$$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$$

$$H_2C_2O_4 \rightarrow 2CO_2 + 2H^+ + 2e^-$$

(1) 終点はどのように判断できるか。

(2) 過マンガン酸カリウム水溶液の濃度(mol/L)を求めよ。

< Note >

第 22 講　PART2　確認問題

問　酸化剤や還元剤の標準液を用いて，濃度の分からない還元剤や酸化剤の濃度を求める操作を酸化還元滴定という。代表的な酸化還元滴定としては硫酸酸性過マンガン酸カリウム $KMnO_4$ 水溶液とシュウ酸 $H_2C_2O_4$ 水溶液の滴定があげられる。過マンガン酸カリウムが反応前に（　ア　）の MnO_4^- として存在する一方，反応後に（　イ　）の Mn^{2+} になることから，色の変化で終点を確認することができる。なお，過マンガン酸カリウムは酸性下で強い酸化剤としてはたらくため，液性を酸性にしておく必要があるが，これには硝酸や塩酸は使用できず，希硫酸を加えて酸性（硫酸酸性）にしておく必要がある。

(1)　文中の（　ア　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　黄緑色　　②　赤紫色　　③　青紫色　　④　無色

(2)　文中の（　イ　）にあてはまる語句として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　黄緑色　　②　赤紫色　　③　青紫色　　④　無色

(3)　文中の下線部について，過マンガン酸カリウム水溶液を酸性にするのに硝酸や塩酸は使用できないが，このうち硝酸が使用できない理由として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　酸化剤として $H_2C_2O_4$ と反応し，正確な滴定をおこなうことができないため。
②　還元剤として $H_2C_2O_4$ と反応し，正確な滴定をおこなうことができないため。
③　酸化剤として $KMnO_4$ と反応し，正確な滴定をおこなうことができないため。
④　還元剤として $KMnO_4$ と反応し，正確な滴定をおこなうことができないため。

(4) ある濃度のシュウ酸水溶液 20.0mL に，硫酸酸性下で 4.00×10^{-2}mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下したところ，10.0mL 加えたところで終点となった。このシュウ酸の濃度として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

（反応式）

$2KMnO_4 + 5H_2C_2O_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow 2MnSO_4 + 10CO_2 + 8H_2O + K_2SO_4$

① 8.00×10^{-3}mol/L　② 3.20×10^{-2}mol/L

③ 5.00×10^{-2}mol/L　④ 2.00×10^{-1}mol/L

第23講　金属の酸化還元反応

PART1　金属の酸化還元反応①

目標　・イオン化傾向とは何かを理解し，金属単体と水，酸との反応をおさえよう

Chapter1　金属のイオン化傾向

要点

イオン化傾向

「金属が水溶液中でどのくらい陽イオンになりやすいか」を表したもの

イオン化列

金属をイオン化傾向の大きい順に並べたもの

Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H_2)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

金属は「水溶液中で e^- を放出し陽イオンになる性質」をもつ。

$$M \rightarrow M^{n+} + ne^-$$

この性質がどのくらい強いか，を表しているのが金属のイオン化傾向である。

「e^- を放出する＝還元剤としてはたらく」なので，水溶液中における還元力の強さを表しているともいえる。

次のように，イオン化傾向の大きい金属から順に並べたものを金属の**イオン化列**という。

イオン化列は金属の単体を還元力の強い順に並べたものと考えることができる。

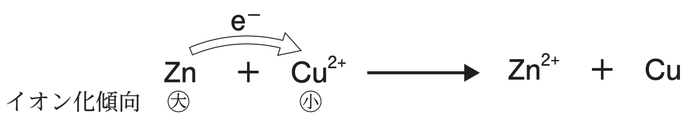
Li　K　Ca　Na　Mg　Al　Zn　Fe　Ni　Sn　Pb　(H_2)　Cu　Hg　Ag　Pt　Au

リッチに 貸そう か　な。 ま　あ，あ　て　に　すんな。 ひ　ど　す　ぎる　借　金。

イオン化傾向が大きい金属ほど「還元力が強い」すなわち「反応しやすい」と判断する。

イオン化傾向の大きい金属は，比べて小さい金属のイオンに e^- を投げ，自身がイオンに変化する。

例　亜鉛 Zn と銅イオン Cu^{2+} の反応



逆の反応は進行しないことに注意しよう。

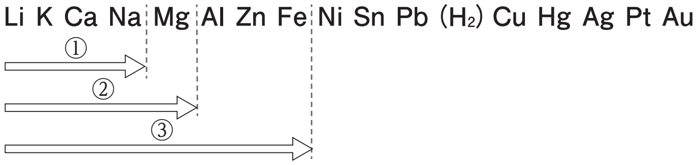
まとめ

金属のイオン化列

(　　　), (　　　), (　　　), (　　　), (　　　), (　　　), (　　　), (　　　),
(　　　), (　　　), (　　　), (H_2), (　　　), (　　　), (　　　), (　　　),
(　　　)

Chapter2　水 (H_2O) との反応

要点



水の電離度は非常に小さく，ほとんど電離していない。

$$H_2O \rightleftarrows \underset{極少}{\underline{H^+}} + OH^-$$

電離により生じるわずかな量の H^+ に e^- を投げつけることができるのは，イオン化傾向が非常に大きい（還元力が非常に強い）金属のみである。

① 冷水（常温の水）と反応 → イオン化列 Na まで
② 熱水と反応 → イオン化列 Mg まで
③ 高温水蒸気と反応 → イオン化列 Fe まで

これらの境界線をしっかりと頭に入れておこう！

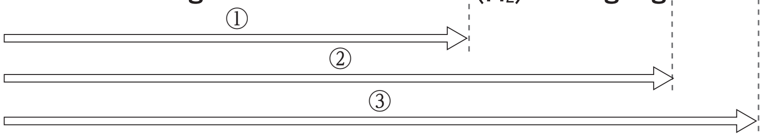
まとめ

・冷水（常温の水）と反応 → イオン化列（　　　）まで
・熱水と反応 → イオン化列（　　　）まで
・高温水蒸気と反応 → イオン化列（　　　）まで

Chapter3　酸（H^+）との反応

要点

Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H$_2$) Cu Hg Ag Pt Au



①希酸（希硫酸・塩酸）と反応　→　イオン化列 Pb※1 まで

※１　Pb はすぐに反応が停止する（ほとんど反応しない）

②熱濃硫酸・濃硝酸・希硝酸と反応 → イオン化列 Ag まで※2

※２　Fe，Ni，Al は不動態を作るため，濃硝酸・熱濃硫酸とは反応しない

③王水と反応　→　イオン化列 Au まで

●イオン化傾向がH_2より大きい金属

水とは違い，酸の水溶液中には H^+が十分に存在しているため，強弱関係にしたがい，イオン化傾向が H_2 より大きい金属は H^+に e^-を投げつけることができる。

$$HA \rightarrow \underset{\text{たくさん}}{\underline{H^+}} + A^-$$

①希酸（希硫酸・塩酸）と反応 → イオン化列 Pb までの金属（イオン化傾向が H_2 より大きい金属）

H_2 より大きい金属は H^+に e^-を投げつけることができるため，希硫酸や塩酸などの希酸と反応し，水素 H_2 が発生する。

例　鉄と希硫酸（H^+）の反応

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^-$$

$$+)\ 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$$

$$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$$　両辺に $SO_4{}^{2-}$を加えて

$$Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2$$

ただし Pb は希硫酸と反応して硫酸鉛 $PbSO_4$，塩酸と反応して塩化鉛 $PbCl_2$ の沈殿を生じるため，すぐに反応が停止する。

●イオン化傾向がH_2より小さい金属

イオン化傾向がH_2より小さい金属はH^+と反応することができない。しかし，酸化力の強い酸となら反応することができる。

②熱濃硫酸・濃硝酸・希硝酸と反応 → イオン化列 Ag までの金属

熱濃硫酸，濃硝酸，希硝酸は酸化力の強い酸であるため，イオン化傾向が小さい金属（還元力の小さい金属）とも反応する。イオン化列 Ag までの金属は以下の例のように反応する。

例　銅と濃硝酸

$$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$$

$$+)\quad HNO_3 + H^+ + e^- \rightarrow NO_2 + H_2O \quad (\times 2)$$

$$Cu + 2HNO_3 + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + 2NO_2 + 2H_2O$$

両辺にNO_3^-を2つずつ追加して

$$Cu + 4HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$$

ただし，Fe，Ni，Al は濃硝酸・熱濃硫酸に浸すと表面に緻密な酸化被膜を形成し，内部が保護された状態になるため反応が進行しない。この状態を**不動態**という。

③王水と反応 → イオン化列 Au までの金属

濃硝酸と濃塩酸を 1：3 で混合した液体を**王水**という。

王水は非常に強い酸化剤で，イオン化傾向が非常に小さいPtやAuとも反応し溶解させる。

まとめ

・希酸（希硫酸・塩酸）と反応　→　イオン化列（　　　）まで

ただし，（　　　）は希硫酸や塩酸と反応して沈殿をつくるため，すぐに反応が停止。

・熱濃硫酸・濃硝酸・希硝酸と反応 → イオン化列（　　　）まで

ただし，（　　　）・（　　　）・（　　　）は不動態を作るため，濃硝酸・熱濃硫酸とは反応しない。

・王水と反応　→　イオン化列（　　　）まで

Chapter4　演習問題

問　次の(1)～(5)の金属について反応性を調べた。それぞれの金属の反応について述べた文のうち，正しいものをすべて選び，記号で答えよ。

(1)　Na　　(2)　Fe　　(3)　Sn　　(4)　Ag　　(5)　Pt

①　常温の水と反応する　　②　高温水蒸気と反応する

③　塩酸と反応する　　④　王水と反応する

第 23 講 PART1　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　次の①～④のうち，**起こらない反応**はどれか。最も適当なものを一つ選べ。

①　$Cu + 2Ag^{+} \rightarrow Cu^{2+} + 2Ag$

②　$Pb + Cu^{2+} \rightarrow Pb^{2+} + Cu$

③　$Ca + Mg^{2+} \rightarrow Ca^{2+} + Mg$

④　$Fe + Zn^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Zn$

(2)　次の①～③のうち，Mg と反応するが Al とは**反応しないもの**として最も適当なものを一つ選べ。

①　冷水（常温の水）　②　熱水　③　高温水蒸気

(3)　熱濃硫酸と反応する金属はイオン化列でどの金属までか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Cu　②　Hg　③　Ag　④　Pt

(4)　濃硝酸に浸しても不動態を**形成しない金属**を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Al　②　Zn　③　Fe　④　Ni

(5)　水とは反応しないが塩酸とは反応する金属を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Ca　②　Fe　③　Ni　④　Cu

(6)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　Pt は王水に溶ける。

②　Pb は希硫酸と反応するが，沈殿を生じるためすぐに反応が停止する。

③　王水は濃硝酸と濃塩酸を 3：1 で混合した液体である。

④　イオン化傾向が大きい金属ほど還元力が強い。

< Note >

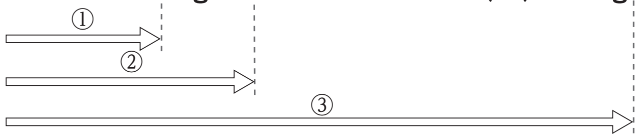
PART2 金属の酸化還元反応②

目標
- 金属単体と空気（O_2）の反応をおさえよう
- めっきの意味を理解しよう

Chapter1　空気（O_2）との反応

要点

Li K Ca Na ¦ Mg Al ¦ Zn Fe Ni Sn Pb (H_2) Cu Hg ¦ Ag Pt Au



① 常温で速やかに酸化される　→ イオン化列 Na まで

② 加熱により酸化される　→ イオン化列 Al まで

③ 強熱により酸化される　→ イオン化列 Hg まで

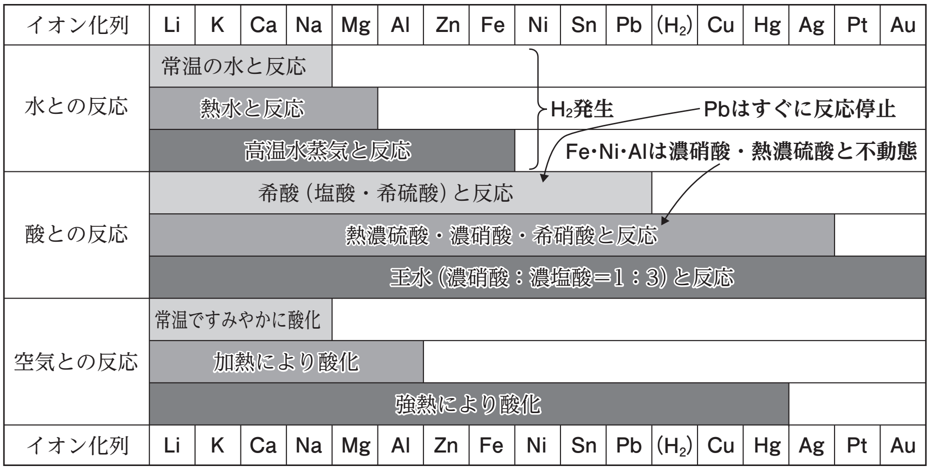
空気中に存在する酸素 O_2 は非常に弱い酸化剤であるため，O_2 と反応するのはイオン化傾向の大きい金属（還元力の強い金属）である。①～③の境界線をしっかりと頭に入れておこう。

まとめ

- 常温で速やかに酸化される　→　イオン化列（　　　）まで
- 加熱により酸化される　→　イオン化列（　　　）まで
- 強熱により酸化される　→　イオン化列（　　　）まで

Chapter2　金属の反応性とイオン化傾向の関係

要点



まとめ

・イオン化傾向の大きい金属ほど（　　　　　）が強く反応性も（　　　　）。

Chapter3　金属の腐食とめっき

要点

腐食

金属が時間とともに酸化され，酸化物や水酸化物，炭酸塩などに変化していくこと

めっき

金属の腐食を防ぐために，金属表面を別の金属で覆うこと

・ブリキ（鉄の表面をスズでめっきしたもの）

・トタン（鉄の表面を亜鉛でめっきしたもの）

鉄は時間とともに酸化され，酸化鉄(Ⅲ)Fe_2O_3や酸化水酸化鉄(Ⅲ)FeO(OH)などのサビに変化する。このように金属が時間とともに酸化され，酸化物や水酸化物，炭酸塩などに変化していくことを**腐食**という。

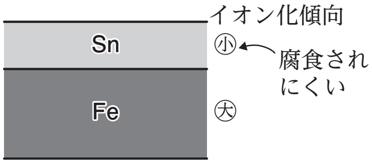
腐食を防ぐ方法の1つに**めっき**がある。めっきとは金属表面を別の金属で覆うことである。以下の2つの例をしっかりとおさえておこう。

例1

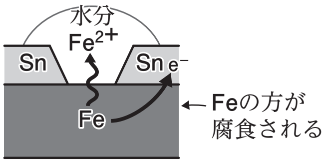
●ブリキ

鉄Feの表面をスズSnでめっきしたもの。

Snのほうが，イオン化傾向が小さいため，Feのみと比べて腐食されにくくなる。



しかし，表面に傷がついてFeが露出するとSnよりFeが先に腐食されるため，めっきの効果はなくなってしまう。よって，ブリキは傷がつきにくいところで使用される。

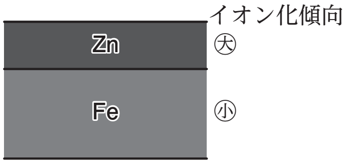


例 2

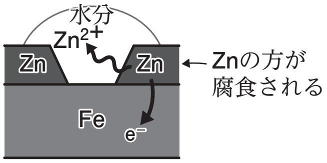
●トタン

鉄 Fe の表面を亜鉛 Zn でめっきしたもの。

Fe のほうが，イオン化傾向が小さいが，Zn は表面に酸化被膜を作るため，Fe のみと比べて腐食されにくくなる。



また，表面に傷がついて Fe が露出しても Zn が先に腐食されるため，Fe は腐食されにくい。



まとめ

・鉄をスズでめっきしたもの　→　(　　　　　)
・鉄を亜鉛でめっきしたもの　→　(　　　　　)

Chapter4　演習問題

問　次の①～⑤の文のうち**誤っているもの**を 1 つ選び，記号で答えよ。

①　ナトリウムは，空気中では常温でも速やかに酸化される。

②　アルミニウムは，加熱されると空気中で酸化される。

③　銀は，強く熱しても空気中では酸化されない。

④　トタンやブリキなどのめっきは，鉄の腐食を防ぐ方法の 1 つである。

⑤　トタンは鉄を亜鉛でめっきしたもので，鉄が亜鉛よりもイオン化傾向が大きい性質を利用したものである。

第 23 講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　空気中において常温では酸化されないが加熱によって酸化される金属を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Mg　　②　Ni　　③　Zn　　④　Ca

(2)　空気中において強熱しても酸化されない金属を，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　Al　　②　Au　　③　Hg　　④　Fe

(3)　ブリキに関する記述として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　ブリキは鉄の表面をスズでめっきしたものである。
②　ブリキはスズの表面を鉄でめっきしたものである。
③　ブリキは鉄の表面を亜鉛でめっきしたものである。
④　ブリキは亜鉛の表面を鉄でめっきしたものである。

(4)　トタンに関する記述として正しいものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　トタンは鉄の表面をスズでめっきしたものである。
②　トタンはスズの表面を鉄でめっきしたものである。
③　トタンは鉄の表面を亜鉛でめっきしたものである。
④　トタンは亜鉛の表面を鉄でめっきしたものである。

(5)　次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

①　めっきは腐食を防ぐための方法の 1 つである。
②　イオン化傾向が大きい金属ほど反応性が高い。
③　ブリキは傷がつきやすいところで使用される。
④　カリウムは空気中では常温で速やかに酸化される。

< Note >

第 24 講　酸化還元反応の応用
PART1　電池

目標　・電池のしくみをしっかりとおさえよう

Chapter1　電池のしくみ

要点

電池

酸化還元反応によって生じる化学エネルギーを電気エネルギーに変えて取り出す装置

負極

e^-が流れ出る電極。酸化反応が進行する。

正極

e^-が流れ込む電極。還元反応が進行する。

起電力

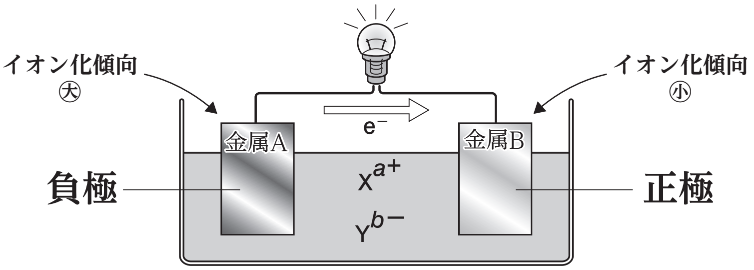
負極と正極の間に生じる電圧（電流を流そうとするはたらきの強さ）。負極と正極のイオン化傾向の差に相当する。

放電

電池から電流（正極から負極へ流れる）を取り出すこと。逆が充電。

●電極

電池に使用する 2 種類の電極のうち，e^-**が流れ出る電極を負極**，e^-**が流れ込む電極を正極**という。**比べてイオン化傾向の大きいほうが負極，小さいほうが正極**になる。



●起電力

負極と正極に間に生じる電圧を起電力という。**各電極に使っている電極（金属）のイオン化傾向の差が大きいほど起電力も大きく**なる。

●電子の流れと電流

電子は負極から正極へ，電流は正極から負極へ流れる。

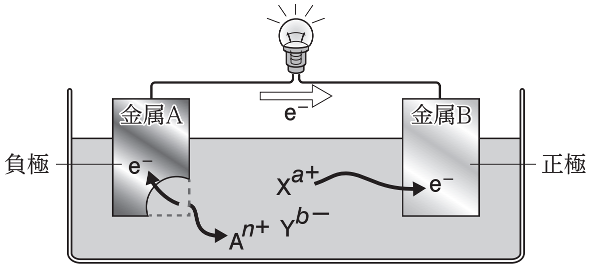
●各極の反応

負極　正極の金属に比べてイオン化傾向が大きいため，e^-**を放出して陽イオンに変化**する。すなわち，**酸化反応**が進行する。

$$A \rightarrow A^{n+} + ne^-$$

正極　負極の金属に比べてイオン化傾向が小さいため，負極から放出された e^- を受け取る。しかし，金属は e^- を受け入れてマイナスに帯電する性質をもたないため，**正極が受け取った** e^-**を，水溶液中の陽イオンが受け入れる**。すなわち，**還元反応**が進行する。

$$X^{a+} + ae^- \rightarrow X$$



まとめ

・(　　　　) 極　→ e^- が流れ出る電極。(　　　　　) 反応が進行する。
・(　　　　) 極　→ e^- が流れ込む電極。(　　　　　) 反応が進行する。
・(　　　　　　) → 2 つの電極の間に生じる電圧。(　　　　　　　　　　) の差が大きいほど大きくなる。

Chapter2　実用電池（鉛蓄電池・一次電池・二次電池）

要点

鉛蓄電池

負極に鉛 Pb, 正極に酸化鉛 (Ⅳ)PbO_2, 電解液に希硫酸を使用した電池。自動車のバッテリーなどに利用されている。

一次電池

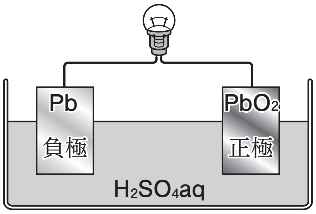
充電できない電池

二次電池

充電によって繰り返し使用できる電池。蓄電池ともいう。

●鉛蓄電池

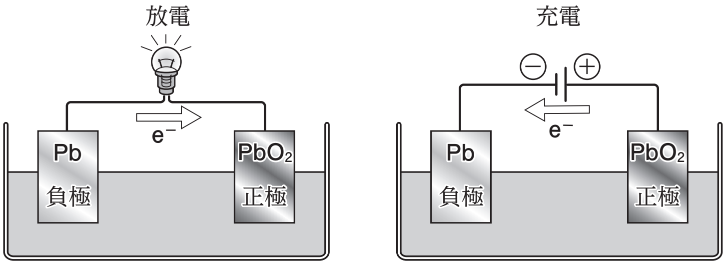
負極に鉛 Pb，正極に酸化鉛 (Ⅳ)PbO_2，電解液に希硫酸を使用した電池。



負極の Pb から正極の PbO_2 に e^-が移動し，ともに Pb^{2+}へと変化。そして Pb^{2+}は希硫酸中の硫酸イオン SO_4^{2-}と沈殿をつくり $PbSO_4$ として電極に貼りつく。

鉛蓄電池は充電が可能な二次電池（蓄電池）である。

充電するときには，鉛蓄電池の負極を外部電源の負極に，鉛蓄電池の正極を外部電源の正極につなぐ。



Chapter3　実用電池（燃料電池・その他の実用電池）

要点

燃料電池

燃料が燃えるときに放出されるエネルギーを電気エネルギーに変えて取り出す装置。

燃焼しても二酸化炭素CO_2が発生しない水素H_2を使用した燃料電池が知られている。

その他の実用電池

マンガン乾電池

正極に酸化マンガン(Ⅳ)MnO_2，負極に亜鉛Zn，電解質に塩化亜鉛$ZnCl_2$を含む水溶液を用いた一次電池。

ニッケル－水素電池

負極に水素を吸収したり放出したりできる合金（水素吸蔵合金），正極にオキシ水酸化ニッケル(Ⅲ)NiO(OH)，電解質に水酸化カリウムKOHを用いた二次電池。

容量が大きく，ハイブリッド自動車に使用されている。

リチウムイオン電池

高い電圧を得ることができる二次電池。

スマートフォンやノートパソコンなどに利用されている。

●燃料電池

燃料が燃えるときに放出されるエネルギーを電気エネルギーに変えて取り出す装置。

しかし，多くの物質は燃焼により地球環境に悪影響を及ぼす物質に変化する。

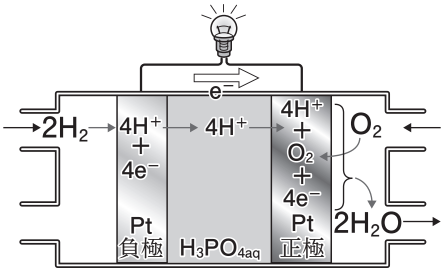
炭素C原子を含む化合物 → 二酸化炭素CO_2（温室効果ガス）へ変化

硫黄Sや窒素N原子を含む化合物 → 硫黄酸化物や窒素酸化物（酸性雨の原因）へ変化

そこで，燃料に水素H_2を使用した燃料電池がよく知られている。H_2の燃焼で生じるのは水H_2Oのみである。

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

電極に白金Ptを含ませ（Ptを触媒にすると常温でも反応がゆっくりと進行），負極にH_2，正極にO_2を供給することで電流を取り出す。



Chapter4　演習問題

問　電池に関する次の①～⑤のうち，**誤っているものを二つ**選び記号で答えよ。

① e^-が流れ出る極を負極，e^-が流れ込む極を正極という。

② 正極と負極に使用する金属のイオン化傾向の差が小さいほど起電力は大きくなる。

③ 電流は正極から負極へ流れる。

④ 正極では還元反応，負極では酸化反応が進行する。

⑤ 二次電池を充電するときは，電池の負極を外部電源の正極，電池の正極を外部電源の負極につなぐ。

< Note >

第 24 講 PART1 確認問題

問 次の各問いに答えよ。

(1) 電池に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 電池の電極はイオン化傾向の大きい方が負極，小さい方が正極になる。

② 電子は負極から正極へ流れる。

③ 負極と正極の間に生じる電圧を起電力という。

④ 正極では酸化反応が進行する。

(2) 種々の実用電池に関する次の①～④の記述のうち，正しいものを一つ選べ。

① ニッケル - 水素電池は正極に水素吸蔵合金を用いている。

② リチウムイオン電池は一次電池である。

③ 燃料電池では地球環境への影響を考慮して燃料に水素が用いられている。

④ マンガン乾電池は負極に酸化マンガン（Ⅳ）を用いている。

(3) 鉛蓄電池に関する次の①～④の記述のうち，**誤っているもの**を一つ選べ。

① 鉛蓄電池の負極は鉛である。

② 鉛蓄電池の正極は酸化鉛（Ⅳ）である。

③ 鉛蓄電池は電解液に希硫酸を用いている。

④ 鉛蓄電池は一次電池である。

(4) 電池に関する次の①～④の記述のうち，正しいものを一つ選べ。

① 燃料電池は常温でも反応がゆっくりと進むように電極に鉛を含ませている。

② 充電によって繰り返し使用できる電池を二次電池という。

③ 電子と電流は同じ向きに流れる。

④ マンガン乾電池は二次電池である。

< Note >

PART2 金属の製錬

目標　・代表的な金属の製錬方法をおさえよう

Chapter1　鉄の製錬

要点

製錬

自然界に存在する鉱石から金属の単体を取り出すこと

鉄の製錬

赤鉄鉱（主成分 Fe_2O_3）や磁鉄鉱（主成分 Fe_3O_4）などの鉄鉱石を還元して単体の鉄を取り出す。

鉄は自然界に，赤鉄鉱（主成分 Fe_2O_3）や磁鉄鉱（主成分 Fe_3O_4）などの鉄鉱石として存在する。これら鉄鋼石に含まれる酸化鉄を還元し，単体の鉄を取り出す。

作業1　溶鉱炉に鉄鉱石とコークス C，石灰石 $CaCO_3$ を加え，約 2,000℃にする。

$CaCO_3$ の熱分解により，酸化カルシウム CaO と二酸化炭素 CO_2 が生成。

$$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$$

生成した CaO　鉄鉱石に含まれる不純物と反応し，不純物が取り除かれる。

生成した CO_2　コークス C と反応し，一酸化炭素 CO に変化

この CO が酸化鉄を還元し，単体の鉄が得られる。

$$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$$

このとき生じる鉄（**銑鉄**（せんてつ））は，**炭素を約 4%含んでおり，硬くてもろい。**

作業2　銑鉄を転炉に入れて酸素 O_2 を吹き込み，炭素 C を二酸化炭素 CO_2 に変えて取り除く。

生じる**炭素含有率の低い丈夫な鉄を鋼**（こう）という（鋼に高温で圧力を加え，棒状や板状に加工する操作を**圧延**（あつえん）という）。

まとめ

天然に産出される鉱石から金属の単体を取り出すことを（　　　　　）という。
鉄は，鉄鉱石に含まれる（　　　　　　）を還元して取り出す。

Chapter2　銅の製錬

要点

銅は，黄銅鉱（おうどうこう）（主成分 $CuFeS_2$）から粗銅（不純物を多く含む銅）を取り出し，粗銅を用いて電気分解することで得られる。

銅は，主に黄銅鉱（主成分 $CuFeS_2$）として存在している。

作業１　黄銅鉱に石灰石 $CaCO_3$ やケイ砂 SiO_2 を加えて加熱する。
まず，鉄 Fe が取り除かれて硫化銅 (Ⅰ)Cu_2S が生成し，これを空気中で強熱すると硫黄 S が取り除かれて単体の銅が得られる。
この銅には約 1％の不純物が含まれており，**粗銅**（そどう）とよばれる。

作業２　粗銅を用いて電気分解すると純度の高い銅が得られる。
この方法を**電解精錬**（でんかいせいれん）という。

Chapter3　アルミニウムの製錬

要点

アルミニウムは，ボーキサイトから純度の高い酸化アルミニウム Al_2O_3 を取り出し，これを融解させて電気分解することで得られる。

アルミニウムは，ボーキサイトという鉱石で存在している。
ボーキサイトを精製すると，純度の高い酸化アルミニウム Al_2O_3（アルミナという）が得られる。そして，アルミナを融解させて電気分解するとアルミニウムの単体となる。
この電気分解を**溶融塩電解**（ようゆうえんでんかい）（**融解塩電解**（ゆうかいえんでんかい））という。
ちなみに，アルミニウムは**地殻の構成元素の中で３番目に多く（金属元素の中では最も多く）含まれる**。

Chapter4　演習問題

問　次の①～⑤のうち**誤っているもの**を一つ選び，記号で答えよ。

①　鉱物から金属の単体を取り出すことを製錬という。

②　鉄は，ボーキサイトに含まれる酸化鉄を還元して取り出す。

③　炭素含有率の高い鉄を銑鉄という。

④　黄銅鉱から得られる，不純物を多く含む銅を粗銅という。

⑤　アルミニウムは，地殻を構成する金属元素の中で最も含有量が多い。

< Note >

第 24 講　PART2　確認問題

問　次の各問いに答えよ。

(1)　自然界に存在する鉱石から金属の単体を取り出すことを何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　電解　②　抽出　③　精製　④　製錬

(2)　銑鉄に関する記述として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　炭素を約 1%含んでおり，硬くてもろい。

②　炭素を約 1%含んでおり，硬くて強い。

③　炭素を約 4%含んでおり，硬くてもろい。

④　炭素を約 4%含んでおり，硬くて強い。

(3)　粗銅を用いて電気分解すると純度の高い銅が得られる。この方法を何というか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

①　電解精錬　②　溶融塩電解　③　蒸留　④　ろ過

(4)　アルミニウムに関する次の文の空欄にあてはまる語句の組み合わせとして最も適当なものを，下の①～④のうちから一つ選べ。

アルミニウムは（　ア　）という鉱石として存在している。（　ア　）を精製すると，純度の高い酸化アルミニウムが得られ，これは（　イ　）ともいわれる。（　イ　）を（　ウ　）すると，アルミニウムの単体が得られる。

①　ア：ボーキサイト　イ：アルミナ　ウ：溶融塩電解

②　ア：ボーキサイト　イ：アルミナ　ウ：電解精錬

③　ア：アルミナ　イ：ボーキサイト　ウ：溶融塩電解

④　ア：アルミナ　イ：ボーキサイト　ウ：電解精錬

< Note >

［写真・映像提供元］
アフロ

テキスト解答

第 1 講　物質の成分と構成元素

PART1　物質の分類

問　⑴　化合物　⑵　単体　⑶　混合物
⑷　混合物　⑸　化合物

PART2　物質の構成元素

問　⑴　水素：単体　酸素：単体
⑵　元素

PART3　元素の確認

問　⑴　Ca　⑵　Cl

第 2 講　混合物の分離

PART1　分離・精製

問　(ア)　②　　(イ)　④　　(ウ)　⑤

PART2　分離精製法

問　(1)　ろうとの足がビーカーの壁についていない

(2)　温度計の先端が液体の中に入っていること

三角フラスコにゴム栓を使っていること

第３講　物質の三態

PART1　物質の三態と状態間の変化

問　①　凝縮　②　蒸発　③　融解
④　凝固　⑤　昇華

PART2　粒子にはたらく力

問　⑴　305（K）　⑵　27（℃）

第 4 講　原子の構造

PART1　原子の構造

問　(1)　8

(2)　8

PART2　同位体

問　9 種類

第 5 講　原子の電子配置

PART1　原子の電子配置

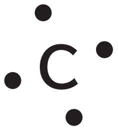
問　(1)　K^2L^6　　6（個）

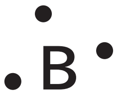
(2)　$K^2L^8M^8N^1$　　1（個）

(3)　$K^2L^8M^8$　　0（個）

PART2　電子式

問　(1)　 　，1

(2)　　，4

(3)　　，3

第 6 講　イオン

PART1　イオン

問　(1)　NH_4^{+}　(2)　Cl^{-}　(3)　NO_3^{-}
(4)　CH_3COO^{-}

PART2　イオンとエネルギー

問　③，⑤

第７講　周期表

PART1　元素の周期表

問

周期＼族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

PART2　元素の周期性

問　⑴　イオン化エネルギー

⑵　価電子の数

第 8 講　イオン結合と結晶

PART1　電気陰性度と結合

問　⑴　共有結合　　⑵　イオン結合

⑶　O-H　間：共有結合

K-OH 間：イオン結合

PART2　イオン結合

問　④　NH_4Cl，⑤　KI

PART3　イオン結晶

問　④，⑤

第９講　分子と共有結合

PART1　分子

問　CH_4，Ne，Br_2

①

PART2　分子の構造式と形

問　①　直線　　②　正四面体　　③　正三角形

PART3　電気陰性度と極性

問　①，③

PART4　分子間にはたらく力と分子結晶

問　②，③

第 10 講　共有結合の結晶と高分子化合物

PART1　共有結合の結晶

問　①，③，④

PART2　配位結合と錯イオン

問　イオン結合，共有結合，配位結合

PART3　高分子化合物

問　②，③，⑤

第 11 講　金属・化学結合と物質の分類

PART1　金属結合と金属

問　(1)　Ag　　(2)　Hg　　(3)　Au

PART2　化学結合と物質の分類

問　(1)　①，A

(2)　②，B

(3)　④，D

(4)　③，C

第 12 講　原子量・分子量・式量

PART1　原子量・分子量・式量

問　35.5

第 13 講　物質量

PART1　アボガドロ数と物質量

問　(1)　18（g/mol）

(2)　23（g/mol）

(3)　58.5（g/mol）

PART2　気体の体積と物質量

問　④

PART3　物質量の計算　Chapter1　物質量計算の基本

問　(1)　4.0（mol）

(2)　43（g）

(3)　1.5（mol）

(4)　4.5（L）

(5)　3.0×10^{23}（個）

(6)　3.0×10^{23}（個）

(7)　1.3（g）

PART3　物質量の計算　Chapter2　気体の密度

問　(1)　1.96（g/L）

(2)　30.0

(3)　⑤

PART3　物質量の計算　Chapter3　モル質量

問　④

第 14 講　溶液の濃度

PART1　溶液の濃度

問　⑴　5.49（mol）

⑵　2.4（g）

PART2　濃度を使った計算の応用

問　11.8（mol/L）

PART3　濃度の計算　Chapter1　濃度計算の基本

問　⑴　0.90（mol），18（mol/L）

⑵　0.10（mol），7.3（%）

PART3　濃度の計算　Chapter2　希釈の計算

問　⑴　46（mL）

⑵　63（g）

PART3　濃度の計算　Chapter3　文字の表記

問　$\dfrac{C_2 \cdot V \cdot M}{10 \cdot C_1 \cdot d}$（mL）

第 15 講　化学反応式

PART1　化学反応式

問　(1)　$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

(2)　$Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3$

第 16 講　化学反応式と量的関係

PART1　化学反応式と量的関係

問　⑴　$AgNO_3$，5.0×10^{-4}（mol）

⑵　2.2×10^{-1}（g）

第 17 講　酸と塩基

PART1　酸と塩基の定義

問　(1) NH_3　：塩基

H_2O　：酸

$NH_4{}^+$　：酸

OH^-　：塩基

(2) CH_3COOH：酸

H_2O　：塩基

CH_3COO^-：塩基

H_3O^+　：酸

PART2　酸と塩基の基本事項

問　(1) 弱，2　(2) 弱，1　(3) 強，2

(4) 弱，2　(5) 強，1

第 18 講　水素イオン濃度と pH

PART1　水素イオン濃度と液性

問　⑴　1.0×10^{-11} (mol/L)

⑵　2.0×10^{-2} (mol/L)

PART2　pH

問　⑴　2.0

⑷　0.010

第 19 講　中和反応と塩

PART1　中和反応と化学反応式

問　(1)　$2HNO_3 + Ba(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + Ba(NO_3)_2$

(2)　$CH_3COOH + NaOH \rightarrow H_2O + CH_3COONa$

PART2　塩

問　(1)　$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow H_2O + CO_2 + 2NaCl$

(2)　$NH_4Cl + NaOH \rightarrow NH_3 + H_2O + NaCl$

第 20 講　中和滴定

PART1　中和点での量的関係

問　2.8%

PART2　中和滴定

問　①

第 21 講　酸化・還元

PART1　酸化・還元と酸化数

問　⑴　0　⑵　＋5　⑶　＋6

⑷　＋2　⑸　＋6

PART2　酸化剤・還元剤

問　⑴　酸化剤

⑵　還元剤

第 22 講　酸化還元滴定

PART1　酸化還元反応式

問　$Cu + 4HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + 2H_2O + Cu(NO_3)_2$

PART2　酸化還元滴定

問　(1)　滴下した $KMnO_4$ 水溶液の赤紫色が消えずに残る点

(2)　1.11×10^{-2} mol/L

第 23 講　金属の酸化還元反応

PART1　金属の酸化還元反応①

問　(1)　①，②，③，④　　(2)　②，③，④　　(3)　③，④

(4)　④　　(5)　④

PART2　金属の酸化還元反応②

問　⑤

第 24 講　酸化還元反応の応用

PART1　電池

問　②，⑤

PART2　金属の製錬

問　②

確認問題解答

第 1 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

現在約 120 種類の元素の存在が確認されている。

(2)　④

解説：

同じ純物質は，沸点・融点・密度が必ず一致する。一方，混合物は組み合わせの割合によって沸点･融点･密度が変化する。

問 2　②

解説：

海水，牛乳は混合物である。また塩酸は，水に塩化水素（HCl）が溶解してできた混合物である。

問 3　①

解説：

塩化ナトリウムは $NaCl$，アンモニアは NH_3，ドライアイスは CO_2 と表記されるので化合物である。

問 4　①

解説：

1 つの化学式で表すことのできる物質を純物質という。

問 5　①

解説：

アルミニウムは Al と表記できるので単体である。

エタノールは C_2H_6O，水酸化ナトリウムは $NaOH$，酸化銅は Cu_2O や CuO などと表記される化合物である。

第1講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：
同素体が存在する元素は，硫黄，炭素，酸素，リンである。

(2)　④

解説：
オゾンは淡青色で特異臭のする気体である。そのほか，酸化力が強いなどの特徴をもつ。

(3)　③

解説：
炭素の同素体は，ダイヤモンド，黒鉛，フラーレン，カーボンナノチューブなどがある。二酸化炭素は炭素と酸素からなる化合物である。

(4)　②

解説：
単斜硫黄は高温で安定，斜方硫黄とゴム状硫黄は常温で安定である。斜方硫黄とゴム状硫黄は加熱することで単斜硫黄に変化する。

(5)　①

解説：
下線部(a)の酸素は元素 O として使われており，下線部(b)～(d)の酸素は単体 O_2 として使われている。

(6)　③

解説：
③の窒素は気体 N_2 として実在するので単体である。そのほかの選択肢はすべて元素として使われている。

第1講　PART3　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

炎色反応で紅色を示す金属元素は Sr（ストロンチウム）である。

(2)　①

解説：

K（カリウム）を含む水溶液は炎色反応で赤紫色を示す。

(3)　③

解説：

Cu（銅）を含む水溶液は炎色反応で青緑色を示す。

問 2

(1)　④

解説：

二酸化炭素 CO_2 を石灰水（水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ 水溶液）に吹き込むと白色沈殿が生じることから，発生した気体は二酸化炭素 CO_2 であり，物質 a には元素として酸素 O と炭素 C が含まれていることがわかる。

(2)　④

解説：

白色の硫酸銅(II) $CuSO_4$ が青色に変化したことから，生成した液体は水 H_2O であり，物質 b には元素として酸素 O と水素 H が含まれていることがわかる。

(3)　③

解説：

銀イオン Ag^+ から生じる白色沈殿は塩化銀 AgCl のみである。そのため，硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を加えて生じる白色沈殿は AgCl であり，この反応は元素 Cl の検出に用いられる。

第 2 講　PART1　確認問題　解答

問

（1）　③

解説：
精製とは不純物を取り除いてより純度の高い物質を得る操作である。

（2）　①

解説：
①は純物質 A の分離を表したものであり，②は純物質 B の分離を表したものである。③は分離できていない。

第 2 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：
温度による溶解度の変化の違いを利用した分離精製法は再結晶である。再結晶は少量の塩化ナトリウムが混ざった硝酸カリウムから硝酸カリウムを取り出す場合などに用いられる。

(2)　②

解説：
蒸留は沸点の違いを利用した分離精製法である。蒸留は海水から水を取り出す場合などに用いられる。2 種類以上の液体からなる混合物を蒸留で分離する操作を分留と呼ぶ。

(3)　④

解説：
三角フラスコにゴム栓をすると，装置内の圧力が高くなり破損する危険性がある。そのため，三角フラスコにはゴム栓は使用せず，脱脂綿やアルミ箔でおおう程度にしておく。

(4)　③

解説：
昇華性を有するヨウ素，ナフタレン，ドライアイスなどは昇華法で分離することができる。一方，ケイ素には昇華性がなく，昇華法で分離することはできない。

(5)　③

解説：
ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液からヨウ素を取り出す場合には，溶媒に対する溶解度の違いを利用する抽出が適している。①は分留，②はろ過，④はクロマトグラフィーが操作として適している。

第 3 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：
融解は固体が液体に変わる状態変化である。液体が気体に変わる変化は蒸発，液体が固体に変わる変化は凝固，気体が液体に変わる変化は凝縮である。

(2)　①

解説：
融点は凝固点と同じ温度であるため，融点と同じ温度で起こる状態変化は凝固である。沸騰，凝縮，蒸発が生じる温度は融点と異なる。

(3)　③

解説：
液体内部で気体が生じる変化は沸騰である。蒸発は液体の表面で起こる変化である。凝縮は気体から液体に変わる変化であり，凝固は液体が固体に変わる変化である。

(4)　②

解説：
状態変化が起こっている最中は，温度は一定に保たれる。

(5)　④

解説：
④は水が水素と酸素という別の物質に変化しているため，化学変化である。その他の変化は，物質の状態は変化しているが，物質自体は変化していないので物理変化である。

第 3 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
物質が気体として存在するには，物質を構成する粒子について「粒子間の引力 ≪ 熱運動による力」という関係が成り立つ必要がある。

(2)　③

解説：
絶対温度とセルシウス温度には「絶対温度 T（K）＝セルシウス温度 t（℃）＋ 273」という関係が成り立っている。セルシウス温度が 25℃であれば，絶対温度 =25 ＋ 273 ＝ 298（K）となる。

(3)　④

解説：
気体の温度を高くすると，速さの大きい（運動エネルギーの大きい）粒子の割合が多くなる。しかし，b や c のような増え方はしない。

(4)　①

解説：
絶対零度は，0K である。絶対温度とセルシウス温度には「絶対温度 T（K）＝セルシウス温度 t（℃）＋ 273」という関係が成り立っているから，0 ＝ t ＋ 273 より，セルシウス温度 t ＝ − 273（℃）となる。

第 4 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

原子の直径は約 10^{-8}cm（1cm の 1 億分の 1）である。

(2)　②

解説：

電子の質量は陽子や中性子の質量の約 $\frac{1}{1840}$ 倍，つまり，陽子や中性子の質量は電子の質量の約 1840 倍である。そのため，原子全体の質量は陽子と中性子の合計質量とほぼ一致する。

(3)　③

解説：

電子の数は陽子の数と同じである。

(4)　①

解説：

原子番号は元素記号の左下に表記する。一方，質量数は元素記号の左上に表記する。

(5)　④

解説：

原子番号 16 の元素は S（硫黄）である。C（炭素）は原子番号 6，O（酸素）は原子番号 8，Si（ケイ素）は原子番号 14 の元素である。

(6)　②

解説：

Li は原子番号 3 のリチウムであり，^{7}Li はリチウムの質量数が 7 であることを示している。質量数は陽子の数（＝原子番号）と中性子の合計数であるため，^{7}Li の中性子の数は 7 − 3 = 4 となる。

第 4 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

原子番号は陽子の数を，質量数は陽子の数と中性子の数の総和を表している。原子番号が同じで質量数が異なるということは，陽子の数が同じで中性子の数が異なることになる。

(2)　④

解説：

^{14}C の半減期が 5730 年なので，^{14}C の量は 5730 年毎に $\frac{1}{2}$ になることがわかる。22920 = 5730 × 4 より，22920 年は 5730 年が 4 回分であるから，^{14}C の量は $\left(\frac{1}{2}\right)^4 = \frac{1}{16}$ になることが予想できる。

(3)　③

解説：

天然の酸素には ^{16}O, ^{17}O, ^{18}O の 3 つの安定な同位体が存在することから，天然に存在する O_2 分子には $^{16}O-^{16}O$, $^{16}O-^{17}O$, $^{16}O-^{18}O$, $^{17}O-^{17}O$, $^{17}O-^{18}O$, $^{18}O-^{18}O$ の 6 種類が存在することになる。

第5講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

内側からn番目の電子殻には最大で$2n^2$個の電子が収容される。

(2)　②

解説：

電子殻に収容される電子の最大数は，K殻で2個，L殻で8個，M殻で18個である。ネオンはK殻，L殻ともに最大収容数の電子が入っているため閉殻である。アルゴンは最外殻電子が8個なのでオクテットであるが，電子収容数が最大（18個）ではないため閉殻ではない。①，④も閉殻ではない。

(3)　①

解説：

M殻に8個の電子が入ると次の電子はN殻に入るようになる。

(4)　③

解説：

価電子の数は，酸素が6個，ナトリウムが1個，塩素が7個，アルゴンが0個であるため，塩素が最も多い。貴ガスの価電子の数は0であることに注意する。

(5)　③

解説：

硫黄はK殻に2個，L殻に8個，M殻に6個の電子が収容されているため，電子配置は$K^2L^8M^6$と表される。

(6)　④

解説：

電子配置が $K^2L^8M^4$ で表される原子は，K 殻に 2 個，L 殻に 8 個，M 殻に 4 個の電子が収容されている。これに該当する原子はケイ素である。

第 5 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

炭素の電子式は c である。a,d は最外殻電子の数が多く，b は最外殻電子の数は正しいが「最外殻電子を元素記号の上下左右に 1 個ずつ分けて表記する」という電子式の書き方に従っていない。

(2)　②

解説：

原子価とは，原子がもつ結合の手の数のことで，不対電子の数に等しい。①～④の中では②のケイ素が原子価 4 で最も多い。塩素は原子価 1，リンは原子価 3，酸素は原子価 2 である。

(3)　④

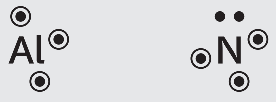
解説：

X の電子式から X の最外殻電子数は 8 個であることがわかる。①～④の中で最外殻電子数が 8 個なのは④のネオン（Ne）である。

(4)　②

解説：

アルミニウム原子も窒素原子も不対電子の数は3個である。



第 6 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：
最外殻の電子を放出したり受け取ったりして，貴ガスと同じ電子配置になったものをイオンという。

(2)　①

解説：
陽イオンは電子を放出して「陽子の数>電子の数」となったものであり，正に帯電している。

(3)　②

解説：
水酸化物イオン OH^- は 2 種類の原子 O，H から構成されているため，多原子イオンである。臭化物イオン Br^-，亜鉛イオン Zn^{2+}，酸化物イオン O^{2-} はそれぞれ 1 種類の原子から構成されているので，単原子イオンである。

(4)　②

解説：
HCO_3^- の名称は炭酸水素イオンである。炭酸イオンのイオン式は CO_3^{2-}，酢酸イオンのイオン式は CH_3COO^-，オキソニウムイオンのイオン式は H_3O^+ である。

(5)　④

解説：
硫酸イオンのイオン式は SO_4^{2-} である。②の SO_3^{2-} は亜硫酸イオンのイオン式である。

(6)　①

解説：

銀イオン Ag^{+} は 1 価の陽イオンである。

第 6 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：
原子から電子を 1 個取り去って 1 価の陽イオンになるときに必要なエネルギーをイオン化エネルギーという。

(2)　②

解説：
原子が最外殻に電子を受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーを電子親和力という。

(3)　④

解説：
イオン化エネルギーが小さいほど陽イオンになりやすい。陽イオンへのなりやすさが A ＞ B ＞ C であることから，イオン化エネルギーの大きさは A ＜ B ＜ C となる。

(4)　②

解説：
電子親和力が大きいほど陰イオンになりやすい。陰イオンへのなりやすさが D ＞ E ＞ F であることから，電子親和力の大きさは F ＜ E ＜ D となる。

(5)　③

解説：
イオン化エネルギーが小さいほど陽イオンになりやすい，すなわち陽性が強いので，③が誤りである。①，②，④はすべて正しい。

第 7 講　PART1　確認問題　解答

問 1

(1)　②

解説：

メンデレーエフの作成した周期表は，元素を原子量の順に並べて作成されたものである。

(2)　②

解説：

元素は典型元素と遷移元素に分けることができる。

問 2

(1)　⑧

解説：

貴ガス元素には，18 族に属する元素すべてが含まれる。

(2)　⑦

解説：

ハロゲン元素には，17 族に属する元素すべてが含まれる。

(3)　②

解説：

アルカリ金属には，第一周期の水素を除く 1 族の元素がすべて含まれる。

(4)　③

解説：

アルカリ土類金属には，2 族の元素がすべて含まれる。

(5)　④

解説：

遷移元素には，3 ～ 12 族の元素が含まれる。

第 7 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：
イオン化エネルギーは，族の値が大きくなるほど大きくなり，周期の値が大きくなるほど小さくなる。

(2)　①

解説：
同じ族の元素では，原子番号が大きいほど，原子の大きさは大きくなる。

(3)　②

解説：
周期表で左下にある元素ほど原子半径は大きくなる。

(4)　②

解説：
すべて Ar と同じ電子配置となっている。陰イオンの方が陽イオンに比べ，原子半径は大きくなる。

第 8 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：

貴ガスは他の原子と結合しないため，電気陰性度がない。

(2)　③

解説：

貴ガスを除いて周期表の右上にある元素ほど陰性が強く，電子対を強く引きつけるため，電気陰性度が大きい。

(3)　②

解説：

周期表の左下にある元素ほど陽性が強く，電子を放出しようとするため，電気陰性度が小さい。

(4)　③

解説：

電気陰性度が大きい非金属元素どうしの結合は共有結合である。

(5)　②

解説：

電気陰性度が小さい金属元素どうしの結合は金属結合である。

(6)　①

解説：

原子間でイオン結合を形成しているものは，原子どうしが非金属元素と金属元素の組み合わせになっている。①の KCl は K が金属元素，Cl が非金属元素であるため，イオン結合を形成している。②～④はすべて非金属元素どうしの結合であるため，共有結合である。

第 8 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：

硫酸アンモニウムは 1 価の陽イオンであるアンモニウムイオンと，2 価の陰イオンである硫酸イオンから構成されており，化学式は$(NH_4)_2SO_4$である。

(2)　②

解説：

イオンからなる物質は全体で見ると電気的に中性である。

(3)　①

解説：

電気陰性度は非金属元素で大きく，金属元素で小さい。よって，①が誤り。

(4)　②

解説：

カリウムイオン（K^+）は 1 価の陽イオン，硫酸イオン（SO_4^{2-}）は 2 価の陰イオンなので，プラスとマイナスの電荷を一致させるためには 1 つの SO_4^{2-} に対して 2 つの K^+ が必要になる。組成式は最小の繰り返し単位のみを表すものなので，K_2SO_4 が組成式となる。

(5)　③

解説：

③の CO_2 は非金属元素どうしの結合なので，共有結合である。②の NH_4Cl はすべて非金属元素から構成されているが，アンモニウムイオン（NH_4^+）と塩化物イオン（Cl^-）の間でイオン結合ができている。

第 8 講　PART3　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

沈殿になるイオン結晶の例としては，塩化銀（AgCl），硫酸バリウム（$BaSO_4$），炭酸カルシウム（$CaCO_3$）があげられる。塩化ナトリウム（NaCl）は水に溶けて電離する。

(2)　④

解説：

陽イオンと陰イオンの結びつきは強いので，イオン結合は強い結合である。したがって，イオン結晶の物質は一般に，融点が高く，硬い。

(3)　④

解説：

乾燥剤や凍結防止剤として利用されるイオン結晶は塩化カルシウム（$CaCl_2$）である。

(4)　①

解説：

重曹とも呼ばれており，ベーキングパウダーや発泡入浴剤，胃薬などに利用されているイオン結晶は炭酸水素ナトリウム（$NaHCO_3$）である。

(5)　③

解説：

イオン結晶は液体の場合はイオンが自由に動くことができるため，電気を通す。一方，固体の場合はイオンどうしがイオン結合で結びつき動くことができないため，電気を通さない。

第 9 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：
窒素（N_2）は 2 つの原子からなる二原子分子である。ネオン（Ne）は単原子分子，酢酸（CH_3COOH）と二酸化炭素（CO_2）は多原子分子である。

(2)　③

解説：
アンモニア（NH_3）は 3 つ以上（4 つ）の原子からなる多原子分子である。アルゴン(Ar)は単原子分子, 酸素(O_2)と水素（H_2）は二原子分子である。

(3)　④

解説：
ヘリウム（He）は 1 つの原子からなる単原子分子である。塩素（Cl_2）とフッ素（F_2）と塩化水素（HCl）は二原子分子である。

(4)　②

解説：
水の分子式は H_2O である。H_3O^+はオキソニウムイオンのイオン式，H_2O_2 は過酸化水素の分子式，OH^-は水酸化物イオンのイオン式である。

(5)　④

解説：
単原子分子として存在するのは，貴ガスである。

第 9 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

シアン化水素は H と C の間に単結合，C と N の間に三重結合を有しているため，②が正解となる。

(2)　③

解説：

分子 X_2 は原子間で二重結合を形成している。①～④の分子の中で原子間に二重結合を有しているものは③の酸素のみである。

(3)　②

解説：

メタン分子の形は正四面体形である。

(4)　④

解説：

アンモニア分子の形は三角錐形である。

(5)　①

解説：

①～④の中で分子の形が折れ線形のものは①の水である。三フッ化ホウ素は正三角形，二酸化炭素とアセチレンは直線形である。

(6)　④

解説：

硫化水素の分子の形は折れ線形であるため，④が誤り。

第 9 講　PART3　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
H 原子と F 原子では F 原子の方が，電気陰性度が大きいので，共有電子対は F 原子の方へかたより，極性が生じる。

(2)　③

解説：
水分子は原子間に極性が生じており，形が折れ線形なので分子全体で極性を打ち消し合わないため，極性分子である。

(3)　①

解説：
メタン分子は原子間に極性が生じているが，形が正四面体形であり分子全体で極性を打ち消し合うため，無極性分子である。

(4)　②

解説：
二酸化炭素分子は原子間に極性が生じているが，形が直線形であり分子全体で極性を打ち消し合うため，無極性分子である。

第 9 講　PART4　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
水素結合は分子内に H—F，H—O，H—N 結合のいずれかをもつ分子間にはたらくので，③の H—O が該当する。

(2)　③

解説：
分子結晶の性質は，やわらかい，融点が低い，昇華性をもつものがある，である。電離しやすいという性質はないので，③が誤り。

(3)　④

解説：
分子結晶にはドライアイス，ヨウ素，ナフタレンなどが例としてあげられるので，④のドライアイスがあてはまる。①～③は分子結晶に該当しない。

(4)　②

解説：
②のフッ化水素は分子内に H—F 結合があるので，分子間に水素結合がはたらいている。

(5)　②

解説：
ファンデルワールス力は極性の有無に関係なくすべての分子にはたらくので，②が正しい。①は，水素結合をもつ分子は水素結合をもたない分子に比べて融点が高いので，誤り。③は，分子間力は原子間の結合よりも弱いので，誤り。④は，水素結合はファンデルワールス力よりも強いので，誤り。

第 10 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

共有結合の結晶には，ダイヤモンド，黒鉛，ケイ素，二酸化ケイ素，炭化ケイ素の５つがある。塩化銀はイオン結晶，ドライアイスとナフタレンは分子結晶である。

(2)　①

解説：

炭化ケイ素の化学式は SiC である。共有結合の結晶の化学式は組成式で表す。

(3)　②

解説：

共有結合の結晶の中で例外的に電気を通す物質は黒鉛である。黒鉛は炭素原子のもつ４つの価電子のうち，３つを共有結合に使って平面構造を作っており，残り１つの価電子がこの平面上を自由に動き回ることができるので，電気を通す。

(4)　④

解説：

共有結合の結晶の性質は，融点が非常に高い，非常に硬い，水に溶けにくい，電気を通さない，である。④のような性質はない。

(5)　③

解説：

ダイヤモンドと黒鉛はどちらも化学式は C で同じなので，③が誤り。

第10講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
一方の原子が非共有電子対を提供し，それを原子間で共有する結合を配位結合という。

(2)　③

解説：
OH^-は互いに不対電子を出し合い共有電子対を形成して結合しており，片方が非共有電子対を提供して結合しているわけではない。①，②，④のイオンには配位結合が形成されている。

(3)　①

解説：
配位結合は一度形成されると，共有結合と区別することができない。

(4)　②

解説：
錯イオン $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ の配位子は NH_3 である。

(5)　②

解説：
ジシアニド銀（Ⅰ）酸イオンは②の $[Ag(CN)_2]^-$である。$[Pb(OH)_4]^{2-}$はテトラヒドロキシド鉛（Ⅱ）酸イオン，$[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$はビス（チオスルファト）銀（Ⅰ）酸イオン，$[Ag(NH_3)_2]^+$ はジアンミン銀（Ⅰ）イオンである。

(6)　④

解説：

錯イオン $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ の名称はテトラアンミン亜鉛(Ⅱ)イオンである。

第 10 講　PART3　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
一般的に分子量が 10000 以上の化合物を高分子化合物という。

(2)　②

解説：
天然高分子化合物の例としてはデンプンやタンパク質などがあげられる。③のナイロンや④のポリエステルは合成高分子化合物の例であり，①のテレフタル酸は高分子化合物ではない。

(3)　④

解説：
高分子化合物は小さな分子（単量体）が繰り返し共有結合でつながってできている。

(4)　③

解説：
ポリスチレンは，食品用容器，緩衝材などに利用される。

(5)　①

解説：
ナイロン 66 はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸を原料にして縮合重合によって合成される。

(6)　①

解説：

縮合重合によって合成される高分子化合物にはポリエチレンテレフタラートやナイロン 66 などがある。②～④は付加重合によって合成される高分子化合物である。

第 11 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

金属の中で，延性・展性が最も高いものは金である。

(2)　①

解説：

ジュラルミンに含まれるおもな金属は，アルミニウム，銅，マグネシウム，マンガンである。

(3)　④

解説：

多くの金属とアマルガムと呼ばれる合金をつくるのは水銀である。

(4)　②

解説：

アルミニウムは空気中に放置すると表面に酸化被膜がつくられ，内部が保護される。①の長期間湿った空気中に放置すると，緑青という緑色のさびを生じるのは銅であり，③の金属元素の中で電気伝導性・熱伝導性が最も高いのは銀であり，④の常温・常圧で，単体が液体で存在できるのは水銀である。

(5)　③

解説：

金属の電気伝導性は温度が高いほど小さくなる。よって，③が誤り。

第11講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

共有結合の結晶は②の黒鉛である。炭酸カルシウムはイオン結晶，ナトリウムは金属結晶，ナフタレンは分子結晶である。

(2)　①

解説：

分子結晶は①のドライアイスである。水銀は金属結晶，二酸化ケイ素は共有結合の結晶, 塩化ナトリウムはイオン結晶である。

(3)　④

解説：

イオン結晶は硬いがもろいという性質をもつので，④が正解。①は共有結合の結晶，②は分子結晶，③は金属結晶の性質である。

(4)　③

解説：

分子結晶は化学式を分子式で表す。

(5)　④

解説：

金属元素は電気陰性度が小さいため，金属結晶では価電子が自由電子として自由に動き回っている。

(6)　①

解説：

固体では電気を通さないが，液体では電気を通す性質をもつものはイオン結晶である。

⑺　②

解説：

ダイヤモンドは共有結合の結晶で電気を通さないので，②が誤り。

第12講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

炭素 ^{12}C 原子の質量を基準として相対的に表した質量を相対質量という。

(2)　③

解説：

H_2SO_4 の分子量は，$1.0 \times 2 + 32 + 16 \times 4 = 98$ より，98 である。

(3)　④

解説：

Na_2CO_3 の式量は，$23 \times 2 + 12 + 16 \times 3 = 106$ より，106 である。

(4)　②

解説：

^{63}Cu（相対質量＝63）の存在比が 70%，^{65}Cu（相対質量＝65）の存在比が 30% より，$63 \times \dfrac{70}{100} + 65 \times \dfrac{30}{100} = 63.6$ だから，銅の原子量は 63.6 と求めることができる。

(5)　③

解説：

硝酸カリウム（KNO_3）は組成式で表されるため，式量が 101 である。分子量は分子式を構成する元素の原子量の総和であるため，硝酸カリウムで用いるのは誤りである。

第 13 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：

物質量が 1.00×10^{-2} mol であることから，個数は $6.02 \times 10^{23} \times 1.00 \times 10^{-2} = 6.02 \times 10^{21}$ 個となる。

(2)　④

解説：

個数が 3.01×10^{24} 個なので，物質量は $\dfrac{3.01 \times 10^{24}}{6.02 \times 10^{23}} = 5.00$ mol となる。

(3)　③

解説：

水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ のモル質量は，$40 + (16 + 1) \times 2 = 74$ g/mol である。

(4)　④

解説：

モル質量が 34 g/mol の物質は硫化水素 H_2S（$1 \times 2 + 32 = 34$）である。アンモニア NH_3 のモル質量は $14 + 1 \times 3 = 17$ g/mol，アルミニウム Al のモル質量は 27 g/mol，二酸化炭素 CO_2 のモル質量は $12 + 16 \times 2 = 44$ g/mol である。

(5)　①

解説：

メタン CH_4 のモル質量は $12 + 1 \times 4 = 16$ g/mol，水 H_2O のモル質量は $1 \times 2 + 16 = 18$ g/mol なので，水の方がメタンよりもモル質量が大きい。よって，①が誤りである。

第13講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：

標準状態は 0℃，1.013×10^5 Pa の状態である。

(2)　②

解説：

気体の密度（g/L）に 22.4（L/mol）をかけるとその気体のモル質量（g/mol）を求めることができる。

(3)　④

解説：

気体は標準状態で 1 mol あたり 22.4L なので，4.00 mol の場合は 4.00 mol × 22.4 L/mol = 89.6 L である。

(4)　②

解説：

気体は標準状態で 1 mol あたり 22.4L なので，

$\dfrac{11.2\text{L}}{22.4\text{L/mol}} = 0.500$ mol である。

(5)　②

解説：

気体の密度は分子量に比例する（密度が大きい気体は分子量が大きい）。分子量はフッ素が 38，酸素が 32，二酸化窒素が 46，塩化水素が 36.5 であり，この中では酸素の分子量が最も小さいので，①～④の中で最も密度が小さいのは酸素である。

(6)　④

解説：

水素の分子量は 2，酸素の分子量は 32 であり，物質量比が 2：3 なので，混合気体の見かけの分子量は $2 \times \frac{2}{5} + 32 \times \frac{3}{5} = 20$ となる。

第 13 講　PART3　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

標準状態で8.96Lのアンモニアは $\frac{8.96}{22.4} = 0.40$ mol である。

(2)　②

解説：

塩素分子 1.2×10^{23} 個は，$\frac{1.2 \times 10^{23}}{6.0 \times 10^{23}} = 0.20$ mol なので，標準状態での体積は $0.20 \times 22.4 = 4.48$ L となる。

(3)　④

解説：

54 g の水 H_2O（分子量 18）は $\frac{54}{18} = 3.0$ mol であり，1 個の H_2O には 2 個の水素原子が含まれているので，水素原子の個数は $3.0 \times 2 \times 6.0 \times 10^{23} = 3.6 \times 10^{24}$ 個となる。

(4)　③

解説：

塩化水素（分子量 36.5）は 1mol あたり 36.5 g であり，標準状態では 1 mol あたり 22.4L であることから，標準状態での密度は $\frac{36.5}{22.4} \fallingdotseq 1.63$ g/L である。

⑸　③

解説：

気体の密度は分子量に比例するので，分子量が小さいほど密度も小さくなる。二酸化炭素は分子量44，硫化水素は分子量34，エタンは分子量30，フッ素は分子量38なので，密度が最小なのは，③のエタンとなる。

⑹　③

解説：

標準状態では1 molあたり22.4 Lなので，22.4 Lで考える。酸素は32 gなので，混合気体も32 gとなり，混合気体中の気体は互いに物質量が等しいので，それぞれ0.5 molあたりの質量の和が32 gとなればよい。エタン（分子量30）と硫化水素（分子量34）は0.5 molあたりそれぞれ15 g，17 gなので，その和は32 gとなる。

第 14 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

硝酸銀水溶液の溶媒は水であり，溶質は硝酸銀，溶液は硝酸銀水溶液である。

(2)　②

解説：

質量パーセント濃度（%）＝ $\frac{\text{溶質の質量(g)}}{\text{溶液の質量(g)}}$ × 100 より，$\frac{40}{200}$ × 100 ＝ 20% となる。

(3)　④

解説：

70% 濃硝酸は密度が 1.4 g/cm^3（1.4 g/mL）なので，質量は 1.4 g/mL × 200 mL ＝ 280 g となる。濃度が 70% であることから，硝酸の質量は 280 g × $\frac{70}{100}$ ＝ 196 g となる。

(4)　③

解説：

硝酸ナトリウム $NaNO_3$（式量 85）3.40 g の物質量は，$\frac{3.40}{85}$ ＝ 0.0400 mol である。水に溶かして 500 mL (0.500L) にしたことから，モル濃度は $\frac{0.0400\text{mol}}{0.500\text{L}}$ ＝ 0.0800 mol/L となる。

⑸　②

解説：

0.500 mol/L の炭酸水素ナトリウム水溶液 600 mL（0.600 L）に含まれる炭酸水素ナトリウムの物質量は，0.500 mol/L × 0.600 L = 0.300 mol である。炭酸水素ナトリウムは式量が 84 であることから，質量は 0.300 × 84 = 25.2 g となる。

第 14 講 PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

3 倍に希釈する（体積を 3 倍にする）と濃度は 3 分の 1 倍になるので，6.0 mol/L × $\frac{1}{3}$ = 2.0 mol/L となる。

(2)　②

解説：

40% の硝酸を v mL 使用したとすると，希釈前の硝酸に含まれる HNO_3 は $v \times 1.25 \times \frac{40}{100} \times \frac{1}{63}$ (mol)，希釈後の硝酸に含まれる HNO_3 は $0.20 \times \frac{500}{1000}$ (mol) である。溶質の量は希釈前後で変化しないため，$v \times 1.25 \times \frac{40}{100} \times \frac{1}{63} = 0.20 \times \frac{500}{1000}$ が成り立ち，v = 12.6mL となる。

(3)　③

解説：

28% の水酸化ナトリウム水溶液を 100g とすると，$\frac{\text{溶質}\,28\ (\text{g})}{\text{溶液}\,100(\text{g})}$ と表すことができる。溶液(分母)について，体積を v (L) とすると $1000\,v \times 1.3 = 100$，つまり $v = \frac{1}{13}$ (L) となり，溶質(分子)については $\frac{28}{40} = 0.7$ (mol) となる。よって，モル濃度は $\frac{0.7}{\frac{1}{13}}$ = 9.1 mol/L となる。

(4)　③

解説：

4.5mol/L の硫酸は $\frac{溶質\,4.5(\mathrm{mol})}{溶液\,1\ (\mathrm{L})}$ と表すことができる。溶液（分母）について，1 L（1000 mL）を質量（g）に変換すると 1000 (mL) × 1.26 (g/mL) = 1260 (g) となり，溶質（分子）について，物質量（mol）を質量（g）に変換すると 4.5 (mol) × 98 (g/mol) = 441 (g) となる。よって，質量パーセント濃度は $\frac{441}{1260} \times 100 = 35\%$ となる。

(5)　③

解説：

メスフラスコの標線まで水を加えて全体を 500 mL にする。

第14講　PART3　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：

1 L あたりで考えると，硝酸のモル濃度が 12 mol/L なので，溶質の HNO_3（分子量 63）は 12 mol/L × 1 L = 12 mol，つまり 12 × 63 = 756 g 含まれていることになる。一方で，密度が 1.35 g/cm^3（= 1.35 g/mL）なので，硝酸の溶液は 1.35 g/mL × 1000 mL = 1350 g となる。よって，質量パーセント濃度は $\frac{756\ \text{g}}{1350\ \text{g}} \times 100 = 56\%$ となる。

(2)　③

解説：

質量パーセント濃度 20% の水酸化ナトリウム水溶液が v mL 必要だとすると，水酸化ナトリウムの式量は 40 なので，希釈前には

$$\frac{(1.22\text{g/mL} \times v\ \text{mL}) \times \frac{20}{100}}{40\text{g/mol}}$$

mol の水酸化ナトリウムが含まれていることになる。一方で, 希釈後には $2.44\text{mol/L} \times \frac{500}{1000}\text{L} = 1.22\text{mol}$ の水酸化ナトリウムが含まれており，希釈前後で溶質の量は変わらないので,

$$\frac{(1.22\text{g/mL} \times v\ \text{mL}) \times \frac{20}{100}}{40\text{g/mol}} = 1.22$$

が成立する。これを解くと，v = 200mL となる。

(3)　③

解説：

0.40mol/L の硫酸銅（Ⅱ）水溶液 500 mL には 0.40 mol/L × $\frac{500}{1000}$L = 0.20 mol の硫酸銅（Ⅱ）が含まれている。この硫酸銅（Ⅱ）は硫酸銅（Ⅱ）五水和物（式量 250）から生じたものなので，溶解させた硫酸銅（Ⅱ）五水和物も 0.20 mol ということになる。よって，250 × 0.20 = 50 g となる。

(4)　①

解説：

1L あたりで考えると，A（分子量 M）の物質量は，

$$\frac{(d\,\mathrm{g/cm^3} \times 1000\,\mathrm{mL}) \times \frac{C}{100}}{M\,\mathrm{g/mol}} = \frac{10Cd}{M}\,\mathrm{mol}$$

1L あたりなので，モル濃度も $\frac{10Cd}{M}$ mol/L となる。

第15講 PART1　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

左辺に反応物，右辺に生成物の化学式を書いて→で結ぶと

$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3$

となり，N_2 の係数を 1 とおき両辺の各原子数をそろえると

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

となる。

(2)　②

解説：

左辺に反応物，右辺に生成物の化学式を書いて→で結ぶと

$CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

となり，CH_4 の係数を 1 とおき両辺の各原子数をそろえると

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

となる。

(3)　④

解説：

左辺に反応物，右辺に生成物の化学式を書いて→で結ぶと

$C_2H_6O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

となり，C_2H_6O の係数を 1 とおき両辺の各原子数をそろえると

$C_2H_6O + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O$

となる。

(4)　①

解説：

イオン反応式は

$Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4$

となる。カリウムイオン K^{+} や水酸化物イオン OH^{-} は反応に関与しないので書かないことに注意する。

第 16 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

マグネシウムと塩酸の反応の化学反応式は次のようになる。

$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$

これより,「反応する Mg の mol：生成する H_2 の mol = 1：1」なので，生成する H_2 の質量を x g とすると，$\frac{6}{24} = \frac{x}{2}$，つまり $x = 0.50$ g となる。

(2)　③

解説：

窒素と水素の反応の化学反応式は次のようになる。

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

これより,「反応する H_2 の体積：生成する NH_3 の体積＝3：2」なので，反応する H_2 の体積を x L とすると，x：11.2 = 3：2，つまり $x = 16.8$ L となる。

(3)　①

解説：

C_2H_6 の燃焼の化学反応式と各物質量は次のようになる。

	$2C_2H_6$	$+ 7O_2$	$\rightarrow 4CO_2$	$+ 6H_2O$ (mol)
反応前	0.60	1.40	0	0
変化量	− 0.40	− 1.40	+ 0.80	+ 1.20
反応後	0.20	0	0.80	1.20

以上より，残った気体はエタンで物質量は 0.20 mol となる。

⑷　②

解説：

CH_4 と C_3H_8 がそれぞれ x mol, y mol 混合していたとする。

	CH_4	$+ 2O_2$	→ CO_2	$+ 2H_2O$	(mol)
変化量	$-x$	$-2x$	$+x$	$+2x$	

	C_3H_8	$+ 5O_2$	→ $3CO_2$	$+ 4H_2O$	(mol)
変化量	$-y$	$-5y$	$+3y$	$+4y$	

生成した CO_2 について $x + 3y = 0.90$, 生成した H_2O について $2x + 4y = 1.40$ より, $x = 0.30$ mol, $y = 0.20$ mol となる。

第17講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：

アレーニウスの定義では，酸は水溶液中で水素イオン H^+ を生じる物質である。

(2)　②

解説：

アレーニウスの定義では，塩基は水溶液中で水酸化物イオン OH^- を生じる物質である。

(3)　①

解説：

ブレンステッド・ローリーの定義では，酸は水素イオン H^+ を与える物質である。

(4)　③

解説：

ブレンステッド・ローリーの定義では，塩基は水素イオン H^+ を受け取る物質である。

(5)　②

解説：

水酸化カリウム KOH は水溶液中で電離して水酸化物イオン OH^- を生じるため，塩基である。($KOH \rightarrow K^+ + OH^-$)

(6)　③

解説：

③では HNO_3 が H_2O に H^+ を与えることで NO_3^- と H_3O^+ が生成しているので，HNO_3 は酸となる。

第17講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
酢酸 CH_3COOH は化学式中に H 原子が 4 つあるが，H^+ になる H 原子は 1 つなので，1 価の酸である。リン酸 H_3PO_4 は 3 価の酸，硫酸 H_2SO_4 は 2 価の酸，二酸化炭素 CO_2 は水中で炭酸 H_2CO_3 となるため，2 価の酸である。

(2)　②

解説：
炭酸は弱酸なので，強酸には該当しない。一般的に強酸としては硫酸，塩酸，硝酸があげられる。

(3)　①

解説：
①～④の中で 2 価の強塩基に該当するのは①の水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ である。水酸化亜鉛 $Zn(OH)_2$ は 2 価の弱塩基，水酸化カリウム KOH は 1 価の強塩基，水酸化鉄（Ⅱ）$Fe(OH)_2$ は 2 価の弱塩基である。

(4)　④

解説：
弱酸・弱塩基は電離しにくく，電離度は 1 に比べて非常に小さい。よって，④が誤りである。

⑸　④

解説：

アンモニアは弱塩基であり，水中で電離する際には電離の逆反応も進行するので，電離は「$NH_3 + H_2O \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$」と表記する。①については，水酸化ナトリウムは 1 価の強塩基なので誤り。②については，塩酸は強酸であり，電離する際は「$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$」と表記するので誤り。③については，化学式に含まれる H^+にならない H 原子は酸の価数にならないので誤り。

第 18 講　PART1　確認問題　解答

問

（1）　②

解説：

25℃において [H^+] と [OH^-] はともに 1.0×10^{-7}(mol/L)である。

（2）　①

解説：

25℃において [H^+] > 1.0×10^{-7}(mol/L)であれば液性は酸性である。

（3）　③

解説：

25℃において [H^+] < 1.0×10^{-7}(mol/L)であれば液性は塩基性である。

（4）　①

解説：

酢酸水溶液のモル濃度を x mol/L とすると，酢酸は 1 価の酸であることから，[H^+] = $x \times 1 \times 0.20 = 8.0 \times 10^{-3}$，つまり，$x = 4.0 \times 10^{-2}$ mol/L となる。

（5）　④

解説：

水酸化ナトリウムは 1 価の強塩基（電離度 α =1）であることから，[OH^-] = $0.050 \times 1 \times 1 = 5.0 \times 10^{-2}$ mol/L となる。水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol²/L²)なので，

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{5.0 \times 10^{-2}} = 2.0 \times 10^{-13}\text{mol/L}$$

となる。

第 18 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：

25℃において pH と液性の関係は，pH ＜ 7 のとき酸性である。

(2)　③

解説：

25℃において pH と液性の関係は，pH ＞ 7 のとき塩基性である。

(3)　①

解説：

フェノールフタレインは変色域 pH＝8.0 ～ 9.8 で無色から赤色に変化する。

(4)　②

解説：

アンモニアは 1 価の塩基であることから，

$[OH^-] = 0.010 \times 1 \times 0.010 = 1.0 \times 10^{-4}$ mol/L となる。

水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (mol^2/L^2)$ なので，

$$[H^+] = \frac{K_w}{[OH^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-4}} = 1.0 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$$

となり，pH ＝ 10

(5)　②

解説：

10^3 倍に希釈後の塩酸が pH ＝ 6，つまり $[H^+] = 1.0 \times 10^{-6}$ mol/L であることから，希釈前の塩酸は $[H^+] = 1.0 \times 10^{-3}$ mol/L，つまり，pH ＝ 3 となる。

⑹　④

解説：

pH ＝ 13 の水酸化ナトリウム水溶液を 10^7 倍に希釈しても pH ＝ 6（酸性）にはならず，pH ＝ 7 に限りなく近い塩基性になる。よって，④が誤り。

第 19 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

硫酸と水酸化銅（Ⅱ）の中和反応の化学反応式は以下のようになる。

$H_2SO_4 + Cu(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + CuSO_4$

(2)　③

解説：

塩酸と水酸化カルシウムの中和反応の化学反応式は以下のようになる。

$2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow 2H_2O + CaCl_2$

(3)　④

解説：

炭酸と水酸化ナトリウムの中和反応の化学反応式は以下のようになる。

$H_2CO_3 + 2NaOH \rightarrow 2H_2O + Na_2CO_3$

(4)　③

解説：

酢酸 CH_3COOH と水酸化バリウム $Ba(OH)_2$ の中和反応では酢酸 CH_3COOH は酸としてはたらくので, ③が誤り。

第19講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：

酸の H が残っている塩が酸性塩なので，酸性塩に該当するのは③の硫酸水素ナトリウム $NaHSO_4$ である。

(2)　②

解説：

塩化水酸化銅（Ⅱ）CuCl(OH) は塩基の OH が残っている塩，つまり塩基性塩なので，正塩には該当しない。

(3)　②

解説：

硫酸ナトリウムは硫酸（強酸）と水酸化ナトリウム（強塩基）の中和反応で生じる塩なので，液性は中性である。

(4)　④

解説：

塩化銅（Ⅱ）$CuCl_2$ は塩酸（強酸）と水酸化銅（Ⅱ）（弱塩基）の中和反応で生じる塩なので，液性は酸性になる。

(5)　①

解説：

酢酸カリウムと硫酸が反応すると，弱酸の酢酸が遊離する。

$2CH_3COOK + H_2SO_4 \rightarrow 2CH_3COOH + K_2SO_4$

(6)　②

解説：

硫酸アンモニウムと水酸化カリウムが反応すると，弱塩基のアンモニアが遊離する。

$(NH_4)_2SO_4 + 2KOH \rightarrow 2NH_3 + 2H_2O + K_2SO_4$

第 20 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：

水酸化カルシウムの物質量を n mol とする。塩酸は 1 価の酸，水酸化カルシウムは 2 価の塩基であるため，

$0.80 \times 1 = n \times 2$ が成り立ち，$n = 0.40$mol となる。

(2)　②

解説：

水酸化ナトリウムの物質量を n mol とする。塩酸は 1 価の酸，水酸化ナトリウムは 1 価の塩基であるため，

$0.50 \times 1 = n \times 1$ が成り立ち，$n = 0.50$mol となる。

水酸化ナトリウムの式量は 40 なので，

質量は $0.50 \times 40 = 20$g となる。

(3)　②

解説：

硫酸のモル濃度を x mol/L とする。硫酸は 2 価の酸，水酸化バリウムは 2 価の塩基であるため，

$x \times \frac{20.0}{1000} \times 2 = 0.30 \times \frac{40.0}{1000} \times 2$ が成り立ち，

$x = 0.60$mol/L となる。

(4)　③

解説：

水酸化カリウム水溶液の体積を v mL とする。硫酸は 2 価の酸，水酸化カリウムは 1 価の塩基であるため，

$70.0 \times 1.2 \times \frac{28}{100} \times \frac{1}{98} \times 2 = v \times 1.4 \times \frac{40}{100} \times \frac{1}{56} \times 1$ が成り立ち，

$v = 48.0$mL となる。

第 20 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：
中和滴定に使用する実験器具のうち，正確な濃度の溶液を調製するのに用いるものはメスフラスコである。

(2)　②

解説：
中和滴定に使用する実験器具のうち，正確な体積の溶液をはかり取るのに用いるものはホールピペットである。

(3)　②

解説：
酢酸は弱酸，水酸化ナトリウムは強塩基なので，弱酸と強塩基の滴定曲線である b が正しい。a は強酸と強塩基の滴定曲線，c は強酸と弱塩基の滴定曲線，d は弱酸と弱塩基の滴定曲線である。

(4)　④

解説：
ホールピペットは純水で洗い，共洗いしてから使用するので，④が誤り。

第21講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　③

解説：
水素原子を失うことを酸化，水素原子を得ることを還元というので，③が誤り。

(2)　③

解説：
過酸化水素 H_2O_2 は過酸化物であり，過酸化物のときには酸素原子の酸化数は－ 1 になる。

(3)　②

解説：
NO_3^- の O 原子の酸化数は－ 2，HF の F 原子の酸化数は－ 1，CH_4 の C 原子の酸化数は－ 4，Cl_2 の Cl 原子の酸化数は 0 なので，酸化数が－ 1 であるのは②の F 原子である。

(4)　①

解説：
$NaHCO_3$ の Na 原子の酸化数は＋ 1，CO_2 の C 原子の酸化数は＋ 4，Ag の酸化数は 0，NaH の H 原子の酸化数は－ 1 なので，酸化数が＋ 1 なのは①の Na 原子である。

(5)　④

解説：
$Fe(OH)_3$ の Fe 原子の酸化数は＋ 3，KCl の K 原子の酸化数は＋ 1，$CaCO_3$ の C 原子の酸化数は＋ 4，SO_4^{2-} の S 原子の酸化数は＋ 6 なので，酸化数が最も大きいものは④の S 原子である。

⑹　②

解説：

O_2 の O 原子の酸化数は 0, NH_3 の N 原子の酸化数は − 3, F^- の酸化数は − 1, H_2S の S 原子の酸化数は − 2 なので, 酸化数が最も小さいものは②の N 原子である。

第 21 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

①～④の中で還元剤に該当するのは②のシュウ酸である。熱濃硫酸，オゾン，過マンガン酸カリウムは酸化剤に該当する。

(2)　③

解説：

二酸化硫黄は通常は還元剤であるが，相手が還元剤のときは酸化剤としてはたらく。希硝酸は酸化剤としてはたらき，塩化スズ(Ⅱ)と硫化水素は還元剤としてはたらく。

(3)　②

解説：

濃硝酸は酸化還元反応後に NO_2 に変化する。濃硝酸の半反応式は「$HNO_3 + e^- + H^+ \rightarrow NO_2 + H_2O$」となる。

(4)　①

解説：

①の H_2O_2 は $FeSO_4$ の Fe 原子を酸化数＋2から＋3（$Fe_2(SO_4)_3$ の Fe 原子の酸化数が＋3）に増加させている（酸化している）ので，酸化剤である。自身の O 原子の酸化数は－1から－2へと減少している（還元されている）ので，酸化剤であるとの見方もできる。

(5)　②

解説：

金属の単体は還元剤としてはたらくので，②が誤り。

第 22 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：
②は化学反応式の中に Cu（単体）があるので，酸化還元反応と判断できる。

(2)　④

解説：
④は弱酸の遊離反応であり，炭酸ナトリウム（弱酸の塩）と硫酸（強酸）が反応して，炭酸（二酸化炭素＋水）（弱酸）と硫酸ナトリウム（強酸の塩）が生成している。

(3)　③

解説：
過酸化水素 H_2O_2 の半反応式を(A)，ヨウ化カリウム KI の半反応式を(B)とする。それぞれの半反応式から e^-を消去するために，(A)＋(B)をすると，以下のようになる。

$$H_2O_2 + 2I^- + 2H^+ \rightarrow I_2 + 2H_2O$$

KI 由来の K^+，H_2SO_4 由来の SO_4^{2-}（硫酸酸性）を両辺に追加すると，酸化還元反応式は以下のようになる。

$$H_2O_2 + 2KI + H_2SO_4 \rightarrow K_2SO_4 + I_2 + 2H_2O$$

(4)　③

解説：
酸化と還元は必ず同時に起こるので，③が誤り。

第 22 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　②

解説：

MnO_4^{-}は赤紫色である。

(2)　④

解説：

Mn^{2+}は無色である。

(3)　①

解説：

硝酸は酸化剤として $H_2C_2O_4$（還元剤）と反応し，酸化還元滴定において正確な滴定をおこなうことができないため，過マンガン酸カリウム水溶液を酸性にするのに使用できない。

(4)　③

解説：

酸化剤と還元剤において「係数比＝物質量比」より，$KMnO_4$（酸化剤）と $H_2C_2O_4$（還元剤）の物質量比＝ 2：5 となる。$H_2C_2O_4$ のモル濃度を x mol/L とすると，

$$4.00 \times 10^{-2} \times \frac{10.0}{1000} : x \times \frac{20.0}{1000} = 2 : 5$$

$$x \times \frac{20.0}{1000} \times 2 = 4.00 \times 10^{-2} \times \frac{10.0}{1000} \times 5$$

$$x = 5.00 \times 10^{-2} \text{mol/L}$$

第 23 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：

Fe と Zn では Zn の方がイオン化傾向が大きく，イオンになりやすいので，Fe と Zn^{2+} の反応は進行しない。

(2)　②

解説：

イオン化列の Mg までの金属は熱水と反応するが，Al 以降の金属は反応しない。

(3)　③

解説：

熱濃硫酸と反応するのはイオン化列 Ag までの金属である。

(4)　②

解説：

濃硝酸に浸して不動態を形成するのは Al, Fe, Ni なので，不動態を形成しないものとしては②の Zn が該当する。

(5)　③

解説：

Ni は水（冷水～高温水蒸気）とは反応しないが，塩酸とは反応する。Ca は水と反応し，Fe も水（高温水蒸気）と反応し，Cu は水と塩酸のどちらとも反応しないので，それぞれ不適となる。

(6)　③

解説：

王水は濃硝酸と濃塩酸を 1：3 で混合した液体なので，③が誤り。

第 23 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　①

解説：
Mg は空気中において常温では酸化されないが，加熱によって酸化される。Ca は空気中において常温で速やかに酸化され，Zn と Ni は常温でも加熱によっても酸化されない。

(2)　②

解説：
空気中で強熱により酸化されるのはイオン化列 Hg までの金属なので，Au は空気中では強熱しても酸化されない。

(3)　①

解説：
ブリキは鉄の表面をスズでめっきしたものである。

(4)　③

解説：
トタンは鉄の表面を亜鉛でめっきしたものである。

(5)　③

解説：
ブリキは表面に傷がついて Fe が露出すると Sn より先に Fe が腐食され，めっきの効果がなくなるので，傷がつきにくいところで使用される。

第 24 講　PART1　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：

正極では還元反応が進行するので，④が誤り。

(2)　③

解説：

炭素原子を含む化合物や硫黄・窒素原子を含む化合物は燃焼により地球環境に悪影響を及ぼす物質に変化するため，燃料電池では燃料に水素が用いられている（水素の燃焼で生じるのは水のみである）。①については，ニッケル - 水素電池の正極はオキシ水酸化ニッケル（Ⅲ）なので誤り。②については，リチウムイオン電池は二次電池なので誤り。④については，マンガン乾電池は負極に亜鉛を用いているので誤り。

(3)　④

解説：

鉛蓄電池は二次電池なので，④が誤り。

(4)　②

解説：

充電によって繰り返し使用できる電池を二次電池，あるいは蓄電池というので，②が正しい。①については，燃料電池は常温でも反応がゆっくりと進行するように電極に白金を含ませているので誤り。③については，電子と電流は逆向きに流れるので誤り。④については，マンガン乾電池は一次電池なので誤り。

第 24 講　PART2　確認問題　解答

問

(1)　④

解説：
自然界に存在する鉱石から単体の金属を取り出すことを製錬という。

(2)　③

解説：
銑鉄は炭素を約 4% 含み，硬くてもろい。銑鉄を転炉に入れて，酸素を吹き込み，炭素の含有量を低くした鉄を鋼といい，硬くて強い。

(3)　①

解説：
粗銅は約 1 % の不純物を含んでいる。粗銅を用いて電気分解することで，より純度の高い銅を得ることができる。この方法を電解精錬という。

(4)　①

解説：
ボーキサイトを精製すると，純度の高い酸化アルミニウム（アルミナ）が得られ，このアルミナを融解させて電気分解すると，アルミニウムの単体が得られる。この電気分解を溶融塩電解という。

Ⓒ RECRUIT
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。